



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**Τμήμα Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής & Αγροτικού Περιβάλλοντος**

**Εργαστήριο Εντομολογίας & Γεωργικής Ζωολογίας**

**ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ**

**ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ CARIFEND ΣΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΕΝΤΟΜΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ**

**ΑΡΒΑΝΙΤΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ**

**ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: ΑΘΑΝΑΣΙΟΥ Χ., ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

**ΒΟΛΟΣ, Ιούνιος 2018**



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	5
ABSTRACT	7
<b>ΚΕΦ. 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	9
1.1. ΓΕΝΙΚΑ	9
1.2. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ	10
1.3. ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΩΝ ΠΡΟΣΒΟΛΩΝ	11
1.3.1. ΠΑΓΙΔΕΣ ΤΥΠΟΥ ΔΕΛΤΑ (Delta traps)	12
1.3.2. ΠΑΓΙΔΕΣ ΤΥΠΟΥ ΧΟΑΝΗΣ (funnel trap)	13
1.3.3. ΠΑΓΙΔΕΣ ΤΥΠΟΥ ΚΥΜΑΤΟΕΙΔΟΥΣ ΧΑΡΤΟΥ (Corrugated Paper Traps)	14
1.3.4. ΠΑΓΙΔΕΣ ΤΥΠΟΥ ΣΟΝΤΑΣ (Prode Traps)	14
1.4. ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ	15
1.5. ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΕΝΤΟΜΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΡΟΣΒΟΛΗΣ	16
1.5.1. ΒΙΟΛΟΓΙΚΑ ΜΕΣΑ	17
1.5.1.1. ΦΥΣΙΚΟΙ ΕΧΘΡΟΙ	17
1.5.1.2. ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΗ ΣΥΖΕΥΞΗΣ	18
1.5.2. ΧΗΜΙΚΑ ΜΕΣΑ	18
1.5.2.1. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΕΣΩΝ ΚΑΤΑΠ/ΣΗΣ	19
1.5.2.2. ΟΡΓΑΝΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	20
1.5.2.2.1. ΟΡΓΑΝΟΦΩΣΦΟΡΙΚΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ	20
1.5.2.2.2. ΣΠΙΝΟΣΙΝΕΣ	21
1.5.2.2.3. ΡΥΘΜΙΣΤΕΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ	22
1.5.2.2.4. ΚΑΠΝΙΣΤΙΚΑ ΕΝΤΟΜΟΚΤΟΝΑ	23
1.5.2.2.5. ΠΥΡΕΘΡΟΕΙΔΗ	28
1.5.3. ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΣΑ ΚΑΤΑΠΟΛΕΜΗΣΗΣ	30
1.5.3.1. ΕΛΕΓΧΟΜΕΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ	30
1.5.3.2. ΟΖΟΝ	30
1.5.3.3. ΓΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ	31
1.5.3.4. ΙΟΝΙΖΟΥΣΑ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ	32

1.5.3.5.	ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΥΨΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	32
1.5.3.6.	ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΧΑΜΗΛΩΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΩΝ	33
1.5.4.	ΜΗΧΑΝΙΚΑ ΜΕΣΑ ΑΠΕΝΤΟΜΩΣΗΣ	34
1.5.4.1.	ΠΙΕΣΗ	34
1.5.4.2.	ENTOLETER	34
1.5.4.3.	ΧΡΗΣΗ CO <sub>2</sub>	34
1.5.4.4.	ΧΡΗΣΗ ΚΕΝΟΥ	35
1.5.5.	ΕΜΒΑΠΤΙΣΜΕΝΑ ΔΙΧΤΥΑ	35
1.5.5.1.	CARIFEND	35
1.6.	ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ENTOMA ΚΑΙ ΑΚΑΡΕΑ ΑΠΟΘΗΚΩΝ	37
1.6.1.	<i>Prostephanus truncatus</i> (HORN) (COLEOPTERA, BOSTRYCHIDAE)	37
3.1.2.	<i>Rhyzopertha dominica</i> (L) (COLEOPTERA, BOSTRYCHIDAE)	38
3.1.3.	<i>Oryzaephilus surinamensis</i> (L) (COLEOPTERA, SYLVANIDAE)	39
3.1.4.	<i>Tribolium confusum</i> JACQUELIN DU VAL (COLEOPTERA, TENEBRIONIDAE)	38
3.1.5.	<i>Sitophilus granarius</i> (L) (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) (ΚΑΛΑΝΤΡΑ ΤΟΥ ΣΙΤΑΡΙΟΥ)	40
3.1.6.	<i>Sitophilus oryzae</i> (L) (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) (ΣΚΑΘΑΡΙ ΤΟΥ ΠΥΖΙΟΥ)	41
3.1.7.	<i>Sitophilus zeamais</i> MOTSCHULSKY (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE)	44
3.1.8	<i>Lasioderma serricorne</i> (F) (COLEOPTERA, ANOBIIDAE) (ΣΚΑΘΑΡΙ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΥ)	45
3.1.9.	<i>Cryptolestes ferrugineus</i> (STEPHENS) (COLEOPTERA, CUCUJIIDAE)	46
3.1.10.	<i>Ephestia kuehniella</i> ZELLER (LEPIDOPTERA, PYRALIDIDAE)	47
3.1.11.	<i>Ephestia elutella</i> (HÜBNER) (LEPIDOPTERA, PYRALIDIDAE)	48
3.1.12.	<i>Sitotroga cerealella</i> (OLIVIER) (LEPIDOPTERA, GELECHIIDAE)	49

3.1.13	<i>Acarus siro</i> L.(ASTIGMATA: ACARIDAE)	50
<b>ΚΕΦ. 2</b>	<b>ΥΛΙΚΑ &amp; ΜΕΘΟΔΟΙ</b>	52
2.1.	ΕΙΔΗ ENTOMΩΝ	52
2.2.	CARIFEND	52
2.3.	ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ	53
2.3.1.	ΠΡΩΤΗ ΣΕΙΡΑ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ	53
2.3.2.	ΔΕΥΤΕΡΗ ΣΕΙΡΑ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ	54
2.3.3.	ΤΡΙΤΗ ΣΕΙΡΑ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ	55
2.4.	ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	56
<b>ΚΕΦ. 3</b>	<b>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</b>	57
3.1.	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΩΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ	57
3.1.1.	<i>SITOPHILUS GRANARIUS</i>	57
3.1.2.	<i>PROSTEPHANUS TRUNCATUS</i>	57
3.1.3.	<i>RHYZOPERTHA DOMINICA</i>	62
3.2	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΥΤΕΡΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ	64
3.2.1.	<i>SITOPHILUS ORYZAE</i>	64
3.2.2.	<i>TRIBOLIUM CONFUSUM</i>	67
3.2.3.	<i>RHYZOPERTHA DOMINICA</i>	67
3.2.4.	<i>ORYZAEPHILUS SURINAMENSIS</i>	71
3.3	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΡΙΤΗΣ ΣΕΙΡΑΣ ΒΙΟΔΟΚΙΜΩΝ	71
3.3.1.	<i>SITOPHILUS ORYZAE</i>	71
3.3.2.	<i>TRIBOLIUM CONFUSUM</i>	76
3.3.3.	<i>ORYZAEPHILUS SURINAMENSIS</i>	76
<b>ΚΕΦ. 4</b>	<b>ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b>	79
	BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	83

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή αξιολογήθηκε σε εργαστηριακές βιοδοκιμές η αποτελεσματικότητα του εντομοπροστατευτικού δίχτυου Carifend (BASF AG, Ludwigshafen, Γερμανία) εναντίον 6 ειδών εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων της τάξης των Κολεόπτερων. Το συγκεκριμένο προστατευτικό δίχτυ είναι εμποτισμένο με την εντομοκτόνο δραστική ουσία alpha-cypermethrin. Για την πραγματοποίηση των βιοδοκιμών το δίχτυ προσαρμόστηκε στην βάση πλαστικών τρυβλίων Petri. Επιπρόσθετα, μια σειρά τρυβλίων χωρίς δίχτυ και μια σειρά με δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες. Σε κάθε τρυβλίο τοποθετήθηκαν 20 ενήλικα άτομα από κάθε είδος εντόμου, χρησιμοποιώντας διαφορετικά τρυβλία για κάθε είδος εντόμου και αξιολογήθηκαν το ποσοστό θνησιμότητας και knockdown μετά από διαφορετικές χρονικές εκθέσεις. Σε μια πρώτη σειρά βιοδοκιμών αξιολογήθηκε η επίδραση μικρών χρονικά εκθέσεων στο δίχτυ Carifend στα έντομα αποθηκών *Sitophilus granarius*, *Prostephanus truncatus* και *Rhyzopertha dominica*. Συγκεκριμένα, καταγράφηκαν τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των παραπάνω ειδών εντόμων μετά από έκθεση για 2, 8 και 24 ώρες στο Carifend. Μετά το πέρας αυτών των διαστημάτων τα έντομα μεταφέρθηκαν σε καθαρά τρυβλία χωρίς δίχτυ μαζί με μια μικρή ποσότητα τροφής και μετρήθηκε η καθυστερημένη θνησιμότητα (delayed mortality) και το knockdown των εντόμων μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες. Σε μια δεύτερη σειρά βιοδοκιμών αξιολογήθηκε η υπολειμματική δράση του Carifend εναντίον των εντόμων *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum*, *Oryzaephilus surinamensis* και *P. truncatus*. Συνοπτικά, μετρήθηκε το ποσοστό θνησιμότητας και knockdown των εντόμων μετά από συνεχή έκθεση στο Carifend για 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες. Η συγκεκριμένη βιοδοκιμή επαναλαμβανόταν κάθε 30 ημέρες και 3 συνολικά μήνες. Στην τρίτη και τελευταία σειρά βιοδοκιμών, αξιολογήθηκε η επίδραση σε τρία είδη εντόμων αποθηκών σύντομων επανεκθέσεων στο Carifend. Συγκεκριμένα, ενήλικα άτομα των *S. oryzae*, *T. confusum* και *O. surinamensis* εκτέθηκαν στο Carifend για 5, 15 και 30 λεπτά, και η έκθεση επαναλαμβάνονταν για 3 συνεχόμενες ημέρες, ενώ στη συνέχεια τα έντομα μεταφέρθηκαν σε καθαρά

τρυβλία. Στη βιοδοκιμή αυτή καταγράφηκε η θνησιμότητα και το knockdown αμέσως μετά το τέλος της έκθεσης καθώς και μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες. Τα αποτελέσματα της πρώτης σειράς βιοδοκιμών έδειξαν ότι παρ' όλο που η άμεση επίδραση του Carifend ήταν περιορισμένη, ιδιαίτερα στις σύντομες εκθέσεις, η καθυστερημένη επίδραση ήταν σημαντική, καθώς και για τα τρία είδη εντόμων που εξετάστηκαν καταγράφηκαν υψηλά ποσοστά θνησιμότητας 5 και 7 ημέρες μετά τον τερματισμό της έκθεσης. Επίσης, καταγράφηκε η μεγάλη υπολειμματικότητα του Carifend, καθώς στην δεύτερη σειρά βιοδοκιμών η αποτελεσματικότητα του δικτυού ήταν μεγάλη εναντίον και των τεσσάρων ειδών εντόμων που εξετάστηκαν, ακόμα και μετά από αποθήκευση των τρυβλίων για τρεις μήνες. Σε σχέση με την ευπάθεια των εντόμων, τα είδη *S. oryzae*, *P. truncatus* και *O. surinamensis* ήταν τα πιο ευπαθή, ενώ το *T. confusum* ήταν το λιγότερο ευαίσθητο, με ποσοστά θνησιμότητας όμως που άγγιξαν το 85% στο τέλος των βιοδοκιμών. Τέλος, με βάση τα αποτελέσματα της τρίτης σειράς βιοδοκιμών καταδείχθηκε η αδυναμία των σύντομων εκθέσεων να ελέγχουν τα έντομα, ακόμα και όταν αυτές επαναλαμβάνονταν για τρεις συνεχόμενες ημέρες. Συμπερασματικά, το Carifend μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για την προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων σε συνδυασμό με τις παραδοσιακές μεθόδους απεντόμωσης.

## **ABSTRACT**

In the present study, the effectiveness of an alpha-cypermethrin-impregnated net (Carifend, BASF AG, Ludwigshafen, Germany) against six species of stored-product insects was evaluated in laboratory studies. The net was fitted to the base of plastic Petri dishes, whereas two other sets of dishes (without net, with net without insecticide) served as controls. Afterwards, 20 adults of mixed sex were exposed for different time intervals to the net and mortality and knockdown were evaluated. In a first series of bioassays, the mortality and knockdown of adults of *Sitophilus granarius*, *Prostephanus truncatus* and *Rhyzopertha dominica* were assessed after exposure for 2, 8 and 24 hours to Carifend. Subsequently, alive insects were transferred to clean, untreated dishes with a small amount of food and their mortality and knockdown were further estimated after additional 1, 3, 5 and 7 days. In a second series of bioassays, the residual activity of Carifend was evaluated against *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum*, *Oryzaephilus surinamensis* and *P. truncatus*. Briefly, mortality and knockdown of the aforementioned species were measured after continuous exposure to Carifend for 1, 3, 5, 7 and 14 days. This bioassay was repeated every 30 days for a total of 3 consecutive months. In the third and last series of bioassays, adults of *S. oryzae*, *T. confusum* and *O. surinamensis* were re-exposed to Carifend and controls for 5, 15 and 30 min for three consecutive days and mortality and knockdown effect were measured after the termination of each exposure. After these intervals, all alive individuals were removed and placed in untreated plastic dishes, with a small amount of food and delayed mortality and knockdown effect of the remaining individuals were assessed after 1, 3, 5 and 7 days. Based on the results of the first series of bioassays the direct toxicity of Carifend is low, especially after short exposure (e.g. 2 hours), however, high delayed mortality was observed 5 and 7 days after the termination of the exposure. Moreover, it was shown that the toxicity of Carifend persists for a long time, as high mortality levels were recorded even 3 months after the initiation of the bioassay. Among the species tested in the second series of bioassays, *S. oryzae*, *P. truncatus* and *O. surinamensis* were the most susceptible, and *T. confusum* was the less susceptible, however



mortality levels for this species were also significant, reaching 85% at the end of the bioassays. Finally, it was demonstrated that very short exposures (5, 15, and 30 min) to Carifend cannot control stored-product insects, even if they are repeated for three consecutive days. To conclude, Carifend can be a valuable tool for the protection of stored-products against storage insects that could be easily combined with the traditional disinfection techniques used so far.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Γενικά

Ως έντομα αποθηκευμένων προϊόντων και τροφίμων καλούνται αυτά που έχουν την ικανότητα αναπαραγωγής και ανάπτυξης σε χώρους στους οποίους αποθηκεύονται εδώδιμα ή μη συσκευασμένα προϊόντα, προκαλώντας φθορές σε αυτά (White et al., 1997). Το είδος των φθορών στα συγκεκριμένα προϊόντα σχετίζεται με τη μείωση της ποσότητας των αποθηκευμένων προϊόντων, καθώς οι απώλειες προϊόντος εξαιτίας των εντόμων αποθηκών κυμαίνονται περίπου στο 17% κατά την αποθήκευση (FAO, 2006), αλλά και με την ποιοτική υποβάθμιση των προϊόντων. Έντομα της τάξεως των Κολεοπτέρων [περίπου 600 είδη (Hinton, 1945)], Διπτέρων, Ημιπτέρων, Υμενοπτέρων, Λεπιδοπτέρων και Ψωκοπτέρων έχει παρατηρηθεί ότι έχουν την ικανότητα να επιβιώνουν, να αναπαράγονται και εν τέλει να ολοκληρώνουν τον κύκλο της ζωής τους στο εσωτερικό διάφορων αποθηκευμένων προϊόντων και τροφίμων. Το συγκεκριμένο πρόβλημα πρόκλησης φθοράς των αποθηκευμένων προϊόντων λαμβάνει χώρα από την αρχαιότητα και σχεδόν από το 3000 π.χ. (Levinson & Levinson, 1994). Πέρα όμως από τις μεγάλες οικονομικές απώλειες που μπορεί να προκαλέσει η παρουσία εντομολογικών πληθυσμών στα αποθηκευμένα προϊόντα, έχουν παρατηρηθεί και δυσμενείς καταστάσεις υγείας, όπως αλλεργικές αντιδράσεις [συμπεριλαμβανομένου του βασικότατου εχθρού *Sitophilus granarius* (L.) (Κολεόπτερα: Curculionidae] σε αποθηκευμένα σιτηρά) και ακόμη σημαντικής μόλυνσης του προϊόντος από νεκρά σώματα εντόμων, απορρίμματα τους ή και εκδύματα τους.

Πέρα από τα διάφορα είδη σιτηρών που είναι γνωστά ως αντιπροσωπευτικά αποθηκευμένα προϊόντα, υπάρχουν και άλλα γεωργικά είδη με ιδιαίτερη οικονομική σημασία που δέχονται εντομολογικές προσβολές κατά την αποθήκευση, όπως το βαμβάκι, διάφορα είδη μπαχαρικών, τα όσπρια, ο καπνός, τα αποξηραμένα φρούτα και καρποί κλπ (Munro, 1966). Βέβαια, υπάρχουν και είδη εντόμων τα οποία παρατηρούνται σε ορισμένα αποθηκευμένα προϊόντα και τα οποία δεν προσβάλλουν αυτό καθ' αυτό το

προϊόν, αλλά είναι πιθανόν να είναι παράσιτα κάποιου άλλου είδους που έχει προσβάλλει το προϊόν ή να τρέφονται από ήδη νεκρά άτομα κάποιου άλλου είδους, ή ακόμη και να τρέφονται από μέρος του προϊόντος που έχει ήδη καταστραφεί από κάποια μυκητολογική προσβολή. Για αυτόν τον λόγο, τα έντομα που συναντάμε σε αποθηκευμένα τρόφιμα και προϊόντα διακρίνονται σε πρωταρχικά και δευτερεύοντα, αναλόγως με τον τρόπο που είναι ικανά να δημιουργήσουν επιζήμια κατάσταση (Mallis, 1982). Δηλαδή, ως πρωταρχικά ονομάζονται αυτά τα είδη που είναι ικανά να εισέλθουν, να επιβιώσουν και να προκαλέσουν ζημιά στο υγιές προϊόν υπό την παρουσία συγκεκριμένων ευνοϊκών συνθηκών υγρασίας και θερμοκρασίας, όπως για παράδειγμα το είδος *S. granarius*. Από την άλλη, ως δευτερεύοντα καλούνται τα είδη που για να εισέλθουν στο αποθηκευμένο προϊόν θα πρέπει αυτό να έχει υποστεί ήδη κάποια καταστροφή ή ζημιά από άλλους παράγοντες, όπως προσβολή από πρωταρχικούς εχθρούς του προϊόντος, σήψη από κάποια μυκητολογική προσβολή κλπ. Επίσης, ως δευτερεύοντα είδη αναφέρουμε αυτά που έχουν την δυνατότητα να προσβάλλουν επεξεργασμένα προϊόντα σίτου, όπως για παράδειγμα το αλεύρι, όπως είναι το *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Κολεόπτερα: Tenebrionidae). Συγκεκριμένα, έχουν αναφερθεί 16 εχθροί αποθηκευμένων σιτηρών με τους 11 από αυτούς να αναφέρονται ως κύριοι, και τους υπόλοιπους 5 να προσβάλλουν κατά κύριο λόγο διαφορετικά γεωργικά αποθηκευμένα προϊόντα (Lefroy, 1906). Περαιτέρω, όσον αφορά και πάλι τα σιτηρά, οι Fletcher & Gosh (1919) ανέφεραν συνολικά 19 εχθρούς των αποθηκευμένων σιτηρών. Τέλος, τα διάφορα είδη εντόμων αποθηκών έχουν την ικανότητα βάδισης, πτήσης και μεταφοράς από μία χώρα σε άλλη μέσω του διεθνούς εμπορίου αποθηκευμένων προϊόντων και τροφίμων (Μπουχέλος, 1996).

## 1.2 Συνθήκες κλίματος και περιβάλλοντος

Υπάρχουν διαφορές στις κλιματολογικές συνθήκες και τις συνθήκες που επικρατούν στην αποθήκη και στο εσωτερικό του προϊόντος, κάτω από τις οποίες είναι εφικτό να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν οι διάφοροι εχθροί των αποθηκευμένων προϊόντων. Γενικότερα, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε πως οι αυξημένες τιμές της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την

αυξημένη υγρασία, μπορούν να αποδειχθούν ιδανικές για την εμφάνιση εντομολογικών προσβολών στο εσωτερικό του προϊόντος. Η μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας για αυξημένο χρονικό διάστημα κατά την οποία είναι εφικτό να επιβιώσουν τα έντομα αποθηκών και να ολοκληρώσουν τον βιολογικό τους κύκλο, κυμαίνεται κοντά στους 38°C σε συνδυασμό με μία τιμή της σχετική υγρασία που θα αγγίζει ή θα υπερβαίνει το 15% (Jay et al., 1971). Αντιθέτως, τα χαμηλότερα όρια αναπαραγωγής των ειδών στο εσωτερικό των αποθηκευμένων προϊόντων κυμαίνονται στους 15°C και περίπου 9% υγρασία. Βέβαια, υπάρχουν και εξαιρέσεις ειδών που είναι ικανά να επιβιώσουν για μεγάλο χρονικό διάστημα στις παραπάνω ανώτατες ή κατώτατες κλιματολογικές συνθήκες. Για παράδειγμα το είδος *Tenebriodes mauritanicus* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae) έχει την δυνατότητα επιβίωσης ενός έτους υπό την παρουσία χαμηλών τιμών θερμοκρασίας και υγρασίας. Περαιτέρω, πέρα από τις ιδανικές συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας για κάποια είδη σημαντικό ρόλο παίζει το πόσο καθαρό είναι το προϊόν από διάφορες άχρηστες ύλες που παρέμειναν αποθηκευμένες μετά την συγκομιδή. Συγκεκριμένα, το είδος *T. confusum* έχει την δυνατότητα διατήρησης του πληθυσμού του σε ζημιογόνα επίπεδα για το προϊόν, σε συνθήκες χαμηλής υγρασίας ( $\approx$  8%), με την απαραίτητη προϋπόθεση να υπάρχει μεγάλο ποσοστό άχρηστων ξένων σωμάτων στο προϊόν (Chapman, 1919).

### 1.3 Παρακολούθηση εντομολογικών προσβολών

Στους διάφορους χώρους αποθήκευσης τροφίμων και αποθηκευμένων προϊόντων είναι εξαιρετικά σημαντική η παρακολούθηση τυχόν εντομολογικών πληθυσμών, καθώς κάτι τέτοιο είναι δυνατόν να συμβάλλει σημαντικά στην έγκαιρη και επιτυχημένη απεντόμωση του κτιρίου και του προϊόντος. Κατά κύριο λόγο, ο σκοπός των συγκεκριμένων παγίδων είναι η παρακολούθηση του μεγέθους του πληθυσμού και λιγότερο η αντιμετώπιση του. Η προσέλκυση των εντόμων βασίζεται στην χρήση φερομονών. Η φερομόνες φύλου φαίνεται πως αποδίδουν εμφανώς καλύτερα σε είδη που έχουν σχετικά μικρό κύκλο ζωής κατά το στάδιο του ενηλίκου, όπως για παράδειγμα τα είδη *Plodia interpunctella* (Hübner) (Λεπιδόπτερα: Pyralidae), *Lasioderma serricorne* (F.) (Κολεόπτερα: Anobiidae), *Rhyzopertha dominica*

(F.) (Κολεόπτερα: Bostrychidae) και αρκετά είδη της οικογένειας των *Dermestidae*. Φυσικά υπάρχουν και παγίδες με βάση της φερομόνες συγκέντρωσης πληθυσμών (aggregation pheromones), που είναι αποτελεσματικότερες για παράδειγμα σε έντομα όπως το *T. confusum*. Ακόμη, είναι διαθέσιμες παγίδες ελαίων με βάση την προσέλκυση μέσω προσελκυστικού τροφής, που έχουν επιδείξει ιδιαίτερη αποτελεσματικότητα σε είδη όπως το *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Κολεόπτερα: Silvanidae) και το *Oryzaephilus mercator* (Fauvel) (Κολεόπτερα: Silvanidae). Περαιτέρω, ως μέσο παγίδευσης χρησιμοποιούνται κολλητικές παγίδες, οι οποίες βέβαια θα πρέπει να παρακολουθούνται συχνά για τυχόν αντικατάστασης τους λόγω αυξημένης σκόνης στον χώρο αποθήκευσης.

#### 1.3.1 Παγίδες τύπου Δέλτα (Delta traps)

Οι συγκεκριμένες παγίδες (Εικόνα 1) είναι ιδανικές έναντι μικρών Λεπιδόπτερων αλλά και όσων εντόμων έχουν αυξημένη ικανότητα πτήσης. Στην βάση τους υπάρχει ειδική κολλητική ταινία διαστάσεων 20 x 20 εκ. περίπου και στο κέντρο αυτής υπάρχει το σημείο στο οποίο εκλύεται η φερομόνη προσέλκυσης.



**Εικόνα 1.** Παγίδα τύπου Δέλτα.

(πηγή: <http://ucanr.edu/sites/calagdev/Archive/?article=ca.v070n01p32>)

Ακόμη, λόγω του υλικού κατασκευής τους έχουν την ικανότητα αντοχής στην βροχή και στην αποδόμηση από την ηλιακή ακτινοβολία. Είναι εξαιρετικά

αποτελεσματικές όταν χρησιμοποιούνται σε χώρους αποθήκευσης και παρασκευής τροφίμων (Σταμόπουλος, 1999) αλλά όχι σε αποθηκευτικούς χώρους αλεύρων και σιτηρών, καθώς οι ποσότητες της σκόνης στον αποθηκευτικό χώρο είναι υψηλές.

### 1.3.2 Παγίδες τύπου χοάνης (funnel trap)

Οι συγκεκριμένες παγίδες (Εικόνα 2) αποτελούνται από πλαστικό ανθεκτικό υλικό και στην κορυφή της παγίδας υπάρχει προστατευτικό κάλυμμα σε σχήμα χωνιού για την προστασία από το νερό της βροχής. Οι συγκεκριμένες παγίδες χρησιμοποιούν κάποιο είδος φερομόνης για την προσέλκυση των εντόμων και είναι κατασκευασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να υπάρχει ευκολία εισόδου του εντόμου στην παγίδα αλλά δυσκολία διαφυγής από αυτή. Στο εσωτερικό της παγίδας υπάρχει κάποιο είδος εντομοκτόνου με στόχο την θανάτωση των εντόμων, αλλά μπορεί να υπάρχουν και βιολογικά μέσα καταπολέμησης όπως διοξείδιο του πυριτίου ( $\text{SiO}_2$ ) ή ακόμη και μείγμα σαπουνιού με νερό. Όπως αναφέραμε πιο πάνω, οι παγίδες τύπου Δέλτα δεν ενδείκνυνται σε αποθηκευτικούς χώρους αλεύρων και σιτηρών με υψηλές ποσότητες σκόνης, οπότε μία εναλλακτική λύση σε αυτού του είδους τους αποθηκευτικούς χώρους θα μπορούσε να είναι οι παγίδες τύπου χοάνης.

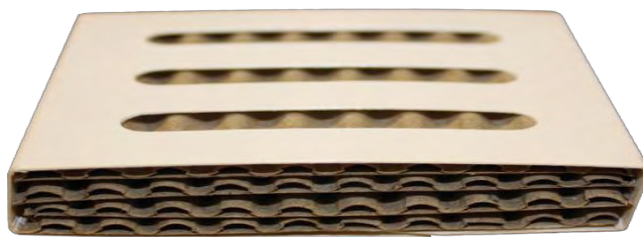


**Εικόνα 2.** Παγίδα τύπου χοάνης (funnel trap).

(πηγή: <http://www.russellipm-agriculture.com/portfolio/mothcatcher-trap-2/>)

### 1.3.3 Παγίδες τύπου κυματοειδούς χάρτου (corrugated paper traps)

Οι συγκεκριμένες παγίδες αποτελούνται από κυματοειδείς αυλακώσεις και χρησιμοποιούν διάφορα μέσα προσέλκυσης των εντόμων, όπως διάφορα έλαια σιτηρών, βρώμης, ορυκτέλαια που χρησιμοποιούνται για την προσέλκυση των εντόμων αλλά και την θανάτωση τους μέσω πνιγμού (Εικόνα 3). Τα συγκεκριμένα έλαια αποδείχθηκε πως έχουν εξαιρετική ικανότητα προσέλκυσης εντόμων των γενών *Trogoderma* και *Tribolium* και του είδους *O. surinamensis* (DeCoursey, 1931). Πολλές φορές όμως το μέσο θανάτωσης των εντόμων είναι κάποια δραστική εντομοκτόνος ουσία που περιέχεται στις κυματοειδείς παγίδες. Πιο συγκεκριμένα, οι παγίδες κυματοειδούς χάρτου θα πρέπει να τοποθετούνται σε κάποια ελάχιστη απόσταση η μία από την άλλη, έτσι ώστε να καλύπτουν ικανοποιητικά το σύνολο του αποθηκευτικού χώρου και κατά κύριο λόγο όταν έχουμε χύδην αποθήκευση του γεωργικού προϊόντος.



**Εικόνα 3.** Παγίδα κυματοειδούς χάρτου (corrugated paper traps).

(πηγή:[https://www.google.com/search?q=corrugated+paper+traps&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiA9LKHk8zbAhVNmbQKHV6pAaIQ\\_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=x9Z8ZzYqzdJBsM](https://www.google.com/search?q=corrugated+paper+traps&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwiA9LKHk8zbAhVNmbQKHV6pAaIQ_AUICigB&biw=1366&bih=662#imgrc=x9Z8ZzYqzdJBsM))

### 1.3.4. Παγίδες τύπου Σόντας (Probe traps)

Η βάση της συγκεκριμένης παγίδας είναι ένας σωλήνας μήκους 30-40 εκ. και διάμετρο λίγο μικρότερη από 3 εκ., ενώ στο πάνω μέρος της παγίδας υπάρχουν μικρές οπές, οι οποίες επικοινωνούν με το υπόλοιπο μέρος μέσω μιας μικρής χοάνης (Εικόνα 4). Το μήκος των οπών κυμαίνεται από παγίδα σε παγίδα και σχετίζεται με το είδος και το μέγεθος των σπόρων του γεωργικού προϊόντος στο

οποίο θα κάνουμε την δειγματοληψία. Το κάτω μέρος της παγίδας είναι σφραγισμένο με ένα πώμα κωνικού σχήματος, μέσω του συγκεκριμένου σημείου μπορεί να γίνει αφαίρεση των εντόμων που έχουν παγιδευτεί για επαναχρησιμοποίηση της εν λόγω παγίδας. Η τοποθέτησή της παγίδας γίνεται κατά κύριο λόγο στα ανώτερα στρώματα του προϊόντος, ενώ η αφαίρεση της από το εσωτερικό του προϊόντος γίνεται μέσω ενός σχοινιού. Οι συγκεκριμένες παγίδες προτείνεται να τοποθετούνται κοντά στην επιφάνεια του σωρού, διότι εκεί υπάρχουν και οι μεγαλύτεροι πληθυσμοί ενηλίκων εντόμων.



**Εικόνα 4.** Παγίδα τύπου σόντας.

(πηγή: <https://www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepot/monitor-prevent-eng.htm>)

#### **1.4 Μέγεθος προσβολής**

Υπάρχουν πολυάριθμοι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν το μέγεθος της προσβολής των εντόμων σε χώρους αποθηκευμένων προϊόντων και τροφίμων. Κάποιοι από τους κυριότερους παράγοντες είναι οι συνθήκες θερμοκρασίας εντός και εκτός των αποθηκευτικών χώρων, η σχετική υγρασία, τα μέτρα πρόληψης της προσβολής στον αποθηκευτικό χώρο, ακόμη και η κατάσταση στην οποία βρίσκεται το αγροτικό προϊόν. Θα ήταν εξαιρετικά ωφέλιμο ο αποθηκευτικός χώρος να ψεκάζεται με παρασιτοκτόνα πριν την έλευση του προϊόντος με, κατά προτίμηση, εντομοκτόνα αυξημένης υπολειμματικής δράσης. Βεβαίως, οι ευνοϊκές συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας εντός του προϊόντος σε συνδυασμό με την καθυστερημένη



παρέμβαση απεντόμωσης είναι ικανές να οδηγήσουν σε άμεση και ταχεία πληθυσμιακή έξαρση πολυάριθμων εντομολογικών εχθρών. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να έχουμε γνώση των πιθανών εντομολογικών εχθρών του εκάστοτε προϊόντος που έχουμε αποθηκευμένο (Vincent et al., 2003), καθώς κάποια είδη προσβάλουν μόνο προϊόντα μεταποίησης ή αγροτικά προϊόντα που έχουν υποστεί ήδη κάποιες φθορές. Ακόμη δύο εξαιρετικά σημαντικοί παράγοντες είναι πρώτον, το είδος των εγκαταστάσεων και το κατά πόσο αυτές πληρούν τις απαραίτητες προϋποθέσεις για την μείωση του κινδύνου προσβολής στο ελάχιστο και δεύτερον το πώς μεταχειριζόμαστε το αποθηκευμένο προϊόν, όπως για παράδειγμα εάν υπάρχουν επαρκή συστήματα αερισμού του συνολικού προϊόντος κατά την περίοδο που έχουμε επικίνδυνη αύξηση της θερμοκρασίας εντός αυτού. Η τακτική λήψη δείγματος για τον έλεγχο και την κατάσταση του αγροτικού προϊόντος είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντική για την πρόληψη εντομολογικών προσβολών. Βεβαίως, πολύ ερευνητές σε άρθρα τους δεν συγκεκριμενοποιούν την ζημία λόγω εντομολογικών προσβολών, αλλά οι απώλειες αποθηκευμένων προϊόντων τοποθετούνται σε ένα ευρύτερο φάσμα αιτιών, όπως οι απώλειες λόγω αυξημένης υγρασίας, τρωκτικών, πτηνών και μυκήτων, κάνοντας δυσκολότερη την αποσαφήνιση των απωλειών που σχετίζονται αποκλειστικά και μόνο στα έντομα. Πιο συγκεκριμένα, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε για κάθε είδος ποια είναι η ικανότητα του να προσαρμόζεται στις διάφορες κλιματολογικές μεταβολές, ποιο είναι το μέγιστο και ελάχιστο όριο σχετικής υγρασίας και θερμοκρασίας στο οποίο μπορεί να επιβιώσει και να ολοκληρώσει τον βιολογικό του κύκλο και φυσικά ποιες είναι οι ιδανικές τιμές των παραπάνω συνθηκών για την ανάπτυξη και εξάπλωση ενός είδους.

### **1.5 Αντιμετώπιση εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων**

Ο όρος απεντόμωση σχετίζεται με οποιοδήποτε τεχνικό τρόπο ή μέσο που χρησιμοποιείται για την απαλλαγή των γεωργικών προϊόντων από επιβλαβή για αυτά έντομα (Σταμόπουλος, 1999). Για την επιτυχημένη ολοκλήρωση μιας απεντόμωσης αποθηκευμένου προϊόντος ή τροφίμου χρησιμοποιούνται μεμονωμένα ή σε συνδυασμό διάφορα βιολογικά, χημικά, φυσικά, μηχανικά μέσα, τα οποία παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

### 1.5.1 Βιολογικά μέσα καταπολέμησης

#### 1.5.1.1 Φυσικοί εχθροί

Στις βιολογικές μεθόδους καταπολέμησης συγκαταλέγονται κατά κύριο λόγο διάφορα είδη βακτηρίων που είναι ικανά να εμποδίσουν την φυσιολογική συνέχιση της ζωής ενός εντόμου ή ακόμη και έντομα που έχουν την ικανότητα να παρασιτήσουν σε βάρος του εχθρού που θέλουμε να αντιμετωπίσουμε (Dobie et al., 1984). Ως παρασιτοειδές θεωρείται το έντομο εκείνο, το οποίο έχει συνήθως το ίδιο μέγεθος με τον ξενιστή του, και απαιτεί ένα μόνο ξενιστή για να συμπληρώσει την ανάπτυξή του, τον οποίο και θανατώνει (Λυκουρέσης, 1995). Για παράδειγμα, Υμενόπτερα του γένους *Trichogramma* έχουν την ικανότητα να παρασιτούν κατά του λεπιδόπτερου *P. interpunctella* που αποτελεί σημαντικό εχθρό των αποθηκευμένων προϊόντων. Τα συγκεκριμένα Υμενόπτερα χρησιμοποιούνται με σκοπό την πρόληψη της προσβολής από κάποιον συγκεκριμένο εχθρό. Για την αύξηση της επιτυχίας της εφαρμογής της συγκεκριμένης μεθόδου αρκετές φορές χρησιμοποιείται συνδυαστικά και ένα ακόμη παρασιτοειδές Υμενόπτερο, το *Habrobracon hebetor* (Say) (Υμενόπτερα: Braconidae). Ακόμη ένα είδος της τάξης των Υμενόπτερων έχει την ικανότητα να παρασιτεί κατά των προνυμφών του *O. surinamensis*. Σε αποθηκευμένη ποσότητα σουλτανίνας στην Ν. Αφρική το παρασιτικό είδος *Bracon herbetor* (Say) (Υμενόπτερα: Braconidae) κατάφερε να μειώσει τους πληθυσμούς των λεπιδόπτερων *Ephestia cautella* Walk (Λεπιδόπτερα: Pyralidae) και *P. interpunctella*. Η προνύμφη του *Cephalonomia tarsalis* Ashmead (Υμενόπτερα: Bethylidae) παρασιτεί κατά της προνύμφης του *O. surinamensis* και εμποδίζει την περαιτέρω ανάπτυξη του βιολογικού κύκλου του συγκεκριμένου Κολεόπτερου. Στην αφρικανική ήπειρο έχει χρησιμοποιηθεί ως μέσο βιολογικής αντιμετώπισης του είδους *Prostephanus truncatus* (Horn) (Κολεόπτερα: Bostrychidae) το παρασιτικό προς αυτό σκαθάρι *Teretriosoma nigrescens* Lewis (Κολεόπτερα: Histeridae) (Markham et al., 1991). Βέβαια κάποιες δυσκολίες όπως η αδυναμία κάποιων παρασιτοειδών να εισέλθουν στο αποθηκευμένο προϊόν ή και ακόμη η δυσκολία επαφής του παρασιτοειδούς με τον ξενιστή έχουν σαν αποτέλεσμα την μειωμένη χρήση των συγκεκριμένων μεθόδων.

#### 1.5.1.2 Παρεμπόδιση σύζευξης

Η παρεμπόδιση σύζευξης (mating disruption) αποτελεί ένα τρόπο βιολογικής καταπολέμησης με στόχο την μείωση του πληθυσμού ενός είδους εντόμου και κατ' επέκταση της προσβολής του στο προϊόν. Είναι χαρακτηριστικό πως κάποια είδη εκκρίνουν την ίδια φερομόνη φύλου (όπως τα είδη *P. interpunctella* και *E. cautella*, η φερομόνη συνεύρεσης των οποίων είναι η (Z,E)-9,12- tetradecadien-1-ol acetate) (Mahroof & Phillips, 2014), που σημαίνει πως η απόπειρα παρεμπόδιση σύζευξης σε ένα από αυτά τα είδη έχει αποτέλεσμα εναντίον και των άλλων ειδών. Συγκεκριμένα, η εταιρεία Russell IPM έχει δημιουργήσει ένα σύστημα παρεμπόδισης σύζευξης μέσω της παραπάνω φερομόνης με σκοπό την παρεμπόδιση σύζευξης του είδους *P. interpunctella* που χρησιμοποιείται σε κλειστούς αποθηκευτικούς χώρους με στόχο την απελευθέρωση μεγάλης ποσότητας φερομόνης με ικανοποιητικά αποτελέσματα στην μείωση του πληθυσμού του συγκεκριμένου εντόμου.

#### 1.5.2 Χημικά μέσα καταπολέμησης

Η χρήση χημικών ουσιών για την εφαρμογή ολοκληρωμένου προγράμματος απεντόμωσης σε αποθηκευτικούς χώρους τροφίμων και προϊόντων αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο σήμερα. Ένα από τους λόγους είναι η αποτελεσματικότητα κατά μεγάλου πλήθους ειδών και των περισσότερων σταδίων των εντόμων. Οι χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται ως μέσα απεντόμωσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, οργανικές και ανόργανες, ανάλογα με την δομή τους. Τα λιγότερο χρησιμοποιημένα χημικά μέσα είναι οι ανόργανες χημικές ενώσεις, όπως το βορικό οξύ ( $H_3BO_3$ ) και ο βόρακας ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ), κυρίως λόγω της εξαιρετικά μικρής αποτελεσματικότητας τους εναντίον των προνυμφών των εντόμων αποθηκών. Τα τελευταία χρόνια, τα χημικά εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται κατά κόρον είναι αυτά που περιέχουν οργανικές ενώσεις ως δραστικές ουσίες. Οι κύριες ομάδες οργανικών ενώσεων που χρησιμοποιούνται δρουν μέσω της αναστολής της ακετυλοχολινεστεράσης στον νευρικό σύστημα των εντόμων και είναι οι οργανοφωσφορικές και οι καρβαμιδικές ενώσεις. Περαιτέρω τα τελευταία χρόνια είναι ευρέως

χρησιμοποιημένες οι συνθετικές πυρεθρίνες, ο οποίες δρουν και αυτές στο νευρικό σύστημα των εντόμων και πέρα από το ότι έχουν επιδείξει υψηλή αποτελεσματικότητα είναι ακίνδυνες για τα θερμόαιμα θηλαστικά.

#### 1.5.2.1 Αποτελεσματικότητα χημικών μέσων καταπολέμησης

Υπάρχουν πάρα πολύ παράγοντες, οι οποίοι μεμονωμένα αλλά και σε συνδυασμό μπορούν να επηρεάσουν άμεσα την αποτελεσματικότητα ενός χημικού μέσου που χρησιμοποιείται για απεντόμωση. Ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα ενός χημικού μέσου είναι η θερμοκρασία. Σε υψηλές θερμοκρασίες προκαλείται ταχύτερη διάσπαση της δραστικής ουσίας με αποτέλεσμα να αυξάνεται ο αριθμός των απαιτούμενων ψεκασμών λόγω μειωμένης αποτελεσματικότητας. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για τις τιμές της σχετικής υγρασίας, οι οποίες δεν πρέπει να είναι ιδιαίτερες υψηλές καθώς επιδρούν αρνητικά στην δράση του χημικού μέσου. Όσον αφορά τους αποθηκευτικούς χώρους τροφίμων και προϊόντων, αυτοί θα πρέπει να τηρούν τους κανόνες υγιεινής μέσω του συχνού καθαρισμού του χώρου, ενώ θα πρέπει να διασφαλίζεται και η απομάκρυνση των χημικών υπολειμμάτων που έχουν χρησιμοποιηθεί για την απεντόμωση του χώρου. Σημαντικό ρόλο παίζει το είδος της επιφάνειας στην οποία έχει ψεκασθεί το εκάστοτε χημικό μέσο, καθώς υπάρχει διαφορετικός βαθμός διάσπασης της ουσίας σε διαφορετικές επιφάνειες. Θα πρέπει σε κάθε περίπτωση να λαμβάνουμε υπόψη τις φυσικοχημικές ιδιότητες του εκάστοτε χημικού μέσου για πολλούς λόγους, όπως την προστασία από κάποια ενδεχόμενη υψηλή τοξικότητα, καθώς και την υπολειμματική δράση της δραστικής ουσίας ώστε να γνωρίζουμε πότε θα πρέπει να επέμβουμε ξανά. Ακόμη, είναι εξαιρετικά σημαντικό το να χρησιμοποιούμε μία δραστική ουσία με μέτρο και χωρίς κατάχρηση, καθώς η επαναλαμβανόμενη χρήση μιας ουσίας έναντι ενός συγκεκριμένου εχθρού μπορεί να μειώσει αισθητά την αποτελεσματικότητα του απέναντι στο συγκεκριμένο έντομο, λόγω της εμφάνισης ανθεκτικότητας του εχθρού στην συγκεκριμένη δραστική ουσία. Θα πρέπει λοιπόν η χρησιμοποίηση των διαφόρων εντομοκτόνων σκευασμάτων να εναλλάσσεται, ενώ σε όποιες

περιπτώσεις το επιτρέπουν οι ετικέτες, θα πρέπει να γίνεται συνδυαστική χρήση των χημικών μέσων (Σταμόπουλος, 2013).

### 1.5.2.2 Οργανικές ενώσεις

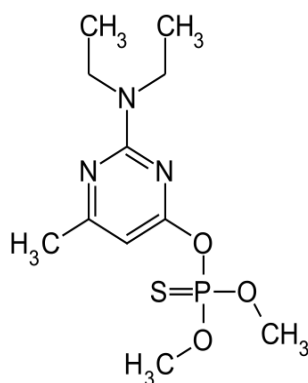
#### 1.5.2.2.1 Οργανοφωσφορικές ενώσεις

Δύο από τους σημαντικότερους εκπροσώπους της ομάδας των συγκεκριμένων εντομοκτόνων είναι το pirimiphos-methyl και το pirimiphos-ethyl. Στην συγκεκριμένη ομάδα περιλαμβάνονται κυρίως εστέρες και αμίδια ή ανυδρίτες του φωσφορικού οξέος, η ανακάλυψή των οποίων έγινε κατά την διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου επί γερμανικού εδάφους. Οι ενώσεις αυτές χαρακτηρίζονται από υψηλή αποτελεσματικότητα σε μεγάλο εύρος βιολογικών σταδίων και εντόμων, με σχετικά μικρή υπολειμματική διάρκεια και σχετικά άμεση αποικοδόμηση. Ο τρόπος δράσης τους σχετίζεται με την παρεμπόδιση μεταφοράς σημάτων στο νευρικό σύστημα των εντόμων μέσω διακοπής υδρόλυσης της ακετυλοχολίνης, η οποία μεταφέρει πληροφορίες μεταξύ των συναπτικών χασμάτων (απόσταση από το τέλος ενός νευρικού κυττάρου μέχρι την έναρξη του επόμενου στο εντομολογικό νευρικό σύστημα) στο νευρικό σύστημα των εντόμων. Ως αποτέλεσμα επέρχεται η παράλυση, η αδυναμία κινήσεων και ο θάνατος του εντόμου (Γιαννοπολίτης, 2005).

#### *Pirimiphos methyl*

Οργανοφωσφορικό εντομοκτόνο (με εμπορική ονομασία Actellic, Syngenta) επαφής και αναπνοής. Παρεμποδιστής χολινεστεράσης, για χρήση σε αποθήκες και αποθηκευμένα προϊόντα (για καταπολέμηση εντόμων αποθηκών), σε κλειστούς χώρους, άδειες αποθήκες, και βιομηχανικούς χώρους (για καταπολέμηση ερπόντων και ιπτάμενων εντόμων) (Redlinger et al., 1988). Το φάσμα δράσης του είναι πολύ μεγάλο και επεκτείνεται σε εχθρούς εσπεριδοειδών (μανταρίνια), καλλωπιστικών φυτών, θερμοκηπιακών καλλιεργειών, καλλιέργεια καπνού και κολοκυνθοειδών (πεπόνι, αγγούρι) (Rumbos et al., 2013). Επίσης, έχει αποδειχθεί αποτελεσματικό εναντίον πέντε ειδών Ψωκόπτερων στον αραβόσιτο (Athanassiou et al., 2009). Όταν η συγκεκριμένη δραστική εφαρμόστηκε σε αποθηκευμένα σιτηρά, η θνησιμότητα των ενηλίκων του είδους *Rhyzopertha dominica* F. (Κολεόπτερα:

Bostrychidae) ξεπέρασε το 72%, ενώ εναντίων των προνυμφών των *Sitophilus oryzae* (L.) (Κολεόπτερα: Curculionidae), *Tribolium castaneum* (Herbst) (Κολεόπτερα: Tenebrionidae), *R. dominica*, *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Κολεόπτερα: Cucujidae) και *P. interpunctella* η θνησιμότητα έφθασε το 100% (Huang et al., 2005). Επιπλέον, με την εφαρμογή του pirimiphos-methyl σε σιτάρι παρατηρήθηκε για τα παραπάνω είδη πως δεν εμφανίσθηκαν απόγονοι ενώ η φθορά του σπόρου ήταν αμελητέα. Ένα θετικό της συγκεκριμένης δραστικής έναντι του pirimiphos-ethyl, μιας άλλης οργανοφωσφορικής ένωσης, είναι πως έχει έως και 10 φορές μικρότερη τοξικότητα (Ζιώγας και Μάρκογλου, 2010).



**Εικόνα 6.** Χημική δομή της δραστικής ουσίας pirimiphos-methyl

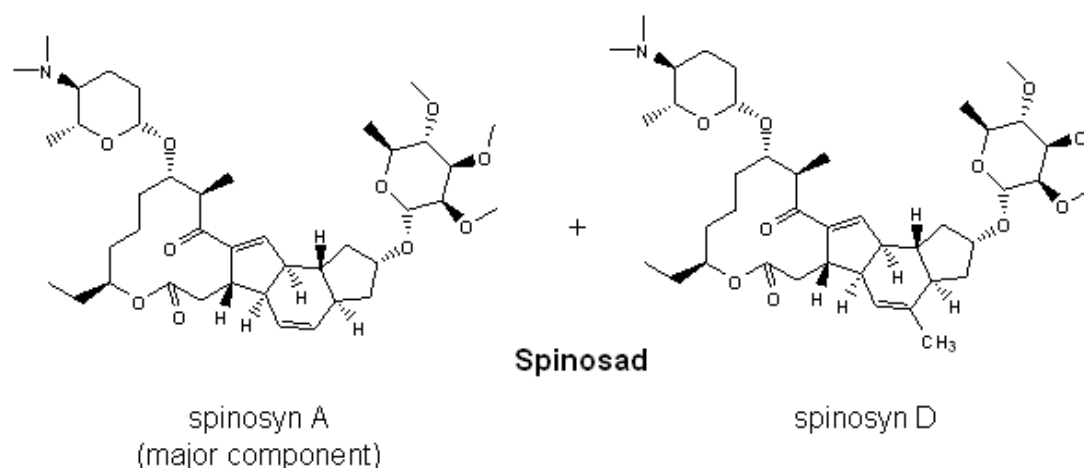
(πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pirimiphos-methyl#/media/File:Pirimiphos-methyl.svg>)

#### 1.5.2.2 Σπινোসίνες

##### *Spinosad*

Αποτελεί βιολογικό μέσω απεντόμωσης, η παραγωγή του οποίου βασίζεται στην διαδικασία ζύμωσης του ακτινομύκητα *Saccharopolyspora spinosa*. Μέχρι στιγμής δεν έχει αναφερθεί ανθεκτικότητα σε κάποιο είδος εντόμου αποθηκών. Η δράση της συγκεκριμένης ουσίας προκαλεί τον θάνατο του εντόμου μετά από 1 έως 7 ημέρες, ανάλογα με τις συνθήκες έκθεσης. Σε πειραματικές διαδικασίες στην Αυστραλία όπου είχαμε εφαρμογή του συγκεκριμένου σκευάσματος σε αποθηκευμένο σιτάρι σε δόσεις 0,1, 0,5 και 1 mg/kg προϊόντος βρέθηκε ότι το είδος *R. dominica* μετά από έκθεση 14 ημερών σε 1 mg/kg εμφάνισε 100% θνησιμότητα και σημαντική μείωση των

απογόνων. Παρόλα αυτά, είχαμε μικρότερη αποτελεσματικότητα απέναντι στα είδη *T. castaneum*, *O. surinamensis* και *S. granarius* (Nayak & Daglish, 2017).



**Εικόνα 7.** Οι δύο μεταβολίτες που αποτελούν το spinosad (spinosyn A και D).

(πηγή: <https://www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/perspective/2008/spinetoram>)

#### 1.5.2.3 Ρυθμιστές ανάπτυξης

Η συγκεκριμένη ομάδα εντομοκτόνων διαχωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:

- ✓ Αναστολείς σύνθεσης χιτίνης (π.χ. diflubenzuron)
- ✓ Μιμητές νεανικής ορμόνης (π.χ. fenoxycarb)
- ✓ Ανταγωνιστές εκδυσόνης

Όσον αφορά την δράση των ρυθμιστών ανάπτυξης απέναντι σε διάφορους εχθρούς αποθηκευμένων προϊόντων έχουν παρατηρηθεί τα εξής: Η χρησιμοποίηση του μιμητή νεανικής ορμόνης κατάφερε να μειώσει σε ποσοστό 99,6% τους απογόνους του είδους *R. dominica* σε αποθηκευμένο καλαμπόκι σε βάθος 6 μηνών (Daglish & Nayak, 2006). Ακόμη, εφαρμογή του fenoxycarb (5 ppm) σε αποθηκευμένο σιτάρι μείωσε κατά 96% τους απογόνους του είδους *R. dominica*, οι οποίοι ήταν ανθεκτικοί απέναντι σε άλλα χημικά συνθετικά εντομοκτόνα (Thind & Edwards, 1986). Επιπλέον, η χρήση του ρυθμιστή ανάπτυξης diflubenzuron απέναντι στο είδος-καραντίνας για την χώρα μας *P. truncatus*, που προσβάλλει κυρίως το αποθηκευμένο καλαμπόκι, είχε μεγάλη αποτελεσματικότητα, την ίδια ώρα που τα σκευάσματα fenoxycarb και το lufenuron (παρεμποδιστής βιοσύνθεσης χιτίνης) αποδείχθηκαν λιγότερα αποτελεσματικά.

#### 1.5.2.4 Καπνιστικά εντομοκτόνα

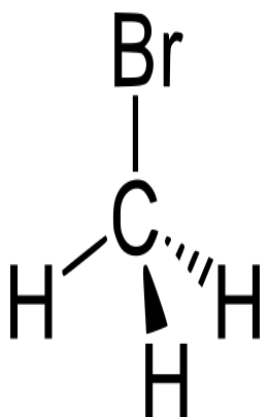
Καπνιστικά αέρια στη γεωργική φαρμακολογία είναι οι χημικές ουσίες, οι οποίες ενεργούν τοξικά με ατμούς προς τα παράσιτα που προσβάλλουν τα αποθηκευμένα γεωργικά προϊόντα. Η χρήση των καπνογόνων είναι δύσκολη και αρκετά επικίνδυνη, γι' αυτό η εφαρμογή τους θα πρέπει να γίνεται με μεγάλη προσοχή από ειδικευμένο προσωπικό και με αυστηρή τήρηση των οδηγιών χρήσης. Έχουν την τάση να δεισδύουν στο προϊόν, ενώ εισέρχονται στο εσωτερικό του εντόμου είτε μέσω του αναπνευστικού συστήματος, είτε διασπώντας το χιτινικό περίβλημα του. Ο θάνατος του εχθρού προέρχεται είτε λόγω της κατάλυσης του αναπνευστικού ή του νευρικού συστήματος του εντόμου. Το κύριο μειονεκτήματα των συγκεκριμένων αερίων είναι η επικινδυνότητα τους για το ανθρώπινο προσωπικό εφαρμογής, καθώς και η πιθανότητα ανάφλεξης τους (Σταμόπουλος, 2009). Η χρησιμοποίηση των καπνιστικών αερίων είναι αποτελεσματική έναντι όλων των σταδίων των εντόμων. Τα συγκεκριμένα μέσα έχουν την δυνατότητα να αντιμετωπίσουν το μεγαλύτερο μέρος των εχθρών που απειλούν τα αποθηκευμένα προϊόντα. Ένας πολύ σημαντικός παράγοντας επιτυχημένης εφαρμογής των καπνιστικών μέσων είναι η θερμοκρασία, καθώς όσο υψηλότερη είναι αυτή τόσο περισσότερο αυξάνει ο ρυθμός αναπνοής των εντόμων, και κατά συνέπεια οι δόσεις αερίου που απαιτούνται είναι μικρότερες. Επίσης, ως θανατηφόρο γινόμενο αναφέρεται το γινόμενο της συγκέντρωσης του εκάστοτε αερίου επί τον χρόνο έκθεσης του εντόμου σε αυτό που είναι απαραίτητος για την θανάτωση του. Ακόμη, η εφαρμογή του εκάστοτε καπνιστικού σε κενό επιτρέπει την μείωση του παραπάνω γινομένου και τη χρησιμοποίηση μικρότερης ποσότητας αερίου για μικρότερο χρονικό διάστημα καθώς και πάλι αυξάνεται ο ρυθμός αναπνοής του εντόμου.

#### *Βρωμιούχο μεθύλιο ( $\text{CH}_3\text{Br}$ )*

Αποτελεί καπνιστικό μέσο απεντόμωσης με εξαιρετικά αποτελέσματα έναντι όλων των εχθρών των αποθηκευμένων προϊόντων και σε όλα τα στάδια ανάπτυξής τους. Κύριο χαρακτηριστικό του είναι η μεγάλη ικανότητα δεισδυσης που διαθέτει αλλά και η υψηλή τοξικότητα εναντίον του ανθρώπου



και των θηλαστικών, για αυτό τον λόγο κατά την εφαρμογή του χρησιμοποιείται μικρή ποσότητα χλωροπικρίνης ως προειδοποιητικό όσφρησης. Είναι χαρακτηριστικό πως το 1992 στην Κοπεγχάγη πραγματοποιήθηκε μία τροποποίηση του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ που συμπεριελάμβανε το  $\text{CH}_3\text{Br}$  στις ουσίες που απειλούν το  $\text{O}_3$  της ατμόσφαιρας. Περαιτέρω, η Ευρωπαϊκή ένωση υπέγραψε



**Εικόνα 8.** Στερεοχημική δομή του μορίου του βρωμιούχου μεθυλίου ( $\text{CH}_3\text{Br}$ ).

το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ και αποφάσισε την σταδιακή μείωση της χρήσης του σε όλα τα κράτη μέλη της μέχρι την 1<sup>η</sup> Ιανουαρίου του 2005, οπότε και έγινε η οριστική απαγόρευση χρήσης του στις ανεπτυγμένες χώρες. Έκτοτε η χρήση του επιτρέπεται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις και μάλιστα από το 2015 έχει απαγορευθεί η χρησιμοποίηση και στις αναπτυσσόμενες χώρες. Η παραπάνω απόφαση λήφθηκε λόγω της μεγάλης τοξικότητας του συγκεκριμένου αερίου προς τον άνθρωπο και τα θερμόαιμα θηλαστικά, καθώς και λόγω των τοξικών υπολειμμάτων στους φυτικούς οργανισμούς, αλλά κυρίως λόγω των αρνητικών επιπτώσεων του απέναντι στο  $\text{O}_3$  της ατμόσφαιρας.

#### *Υδροκυάνιο ( $\text{HCN}$ )*

Είναι άχρωμο αέριο με ικανότητα ανάφλεξης και εξαιρετικά επικίνδυνο για το αναπνευστικό σύστημα των θερμόαιμων οργανισμών αλλά και του ανθρώπινου οργανισμού. Κατά των εχθρών των αποθηκευμένων τροφίμων και προϊόντων είναι εξαιρετικά τοξικό, παρόλα αυτά η μεγάλη υδατοδιαλυτότητα του μειώνει σημαντικά την αποτελεσματικότητά του σε

προϊόντα με αυξημένα ποσοστά υγρασίας (άλευρα, σιτηρά). Λόγω της παραπάνω ιδιότητας, αλλά και της ισχυρής τοξικότητας του για τον άνθρωπο και την υψηλή πιθανότητα ανάφλεξης, η χρήση του έχει περιορισθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια.

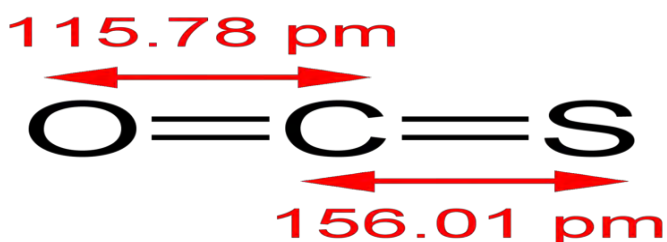


**Εικόνα 9.** Χημική δομή του υδροκυανίου (HCN).

(πηγή: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen\\_cyanide#/media/File:Hydrogen-cyanide-2D.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Hydrogen_cyanide#/media/File:Hydrogen-cyanide-2D.svg))

#### Καρβονυλικό σουλφίδιο (COS)

Πρόκειται για ένα από τα καπνιστικά αέρια που δημιουργήθηκε για την αντικατάσταση του  $\text{CH}_3\text{Br}$ . Πρόκειται για ένα φυσικό αέριο που υπάρχει στην ατμόσφαιρα και συγκεκριμένα καλύπτει το ήμισυ του ατμοσφαιρικού θείου (S). Έχει χαμηλό σημείο βρασμού, είναι άοσμο και άχρωμο και βρίσκεται ελεύθερο στο φυσικό περιβάλλον (εδάφη, φυτικούς οργανισμούς, αέρα, θαλάσσιο περιβάλλον). Εναντίον εντόμων αποθηκών, έχει αναφερθεί ότι το είδος *S. oryzae* εμφανίζει την μεγαλύτερη αντοχή στο COS. Γενικότερα, μέσω των συγκεκριμένων πειραμάτων βγήκε ως συμπέρασμα πως μία ενδεδειγμένη αποτελεσματική δόση έναντι εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων θα ήταν τα



**Εικόνα 10.** Χημική δομή του καρβονυλικού σουλφιδίου (COS)

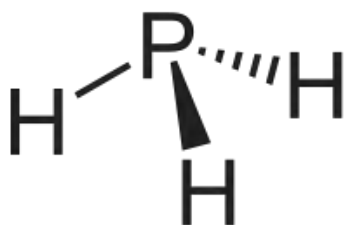
(πηγή: [https://en.wikipedia.org/wiki/Carbonyl\\_sulfide#/media/File:Carbonyl-sulfide-2D-dimensions.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Carbonyl_sulfide#/media/File:Carbonyl-sulfide-2D-dimensions.png))

20 g/m<sup>3</sup> για διάστημα 5 ημερών (Weller & Morton, 2001). Μέχρι στιγμής οι περισσότερες και πιο ενδεδειγμένες μελέτες σχετικά με την αποτελεσματικότητα

του συγκεκριμένου καπνιστικού αερίου έχουν διεξαχθεί στην Αυστραλία και συγκεκριμένα σε σιτηρά που προορίζονται για τον κλάδο της ζυθοποιίας.

### Φωσφίνη ( $PH_3$ )

Η φωσφίνη αποτελεί το συνηθέστερο μέσο απεντόμωσης σε αποθηκευτικούς χώρους τα τελευταία χρόνια. Το χαρακτηριστικό του συγκεκριμένου άχρωμου αερίου είναι η πολύ μεγάλη οξεία τοξικότητα του. Η παρουσία του συγκεκριμένου αερίου γίνεται εύκολα αντιληπτή καθώς η οσμή του παραπέμπει κατά πολύ στην γνωστή μυρωδιά του σκόρδου. Μετά την οριστική απαγόρευση της χρήσης του  $CH_3Br$ , οι διάφορες μορφές φωσφίνης αντικατέστησαν στο μεγαλύτερο βαθμό τις εφαρμογές του βρωμιούχου μεθυλίου στην προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων και τροφίμων. Αποτελεί εξαιρετικά τοξικό αέριο για τον άνθρωπο ακόμη σε πολύ μικρές δόσεις (WHO, 1998). Επειδή δεν υπάρχει κάποιο αντίδοτο ενάντια στην τοξικότητα του συγκεκριμένου αερίου, θα πρέπει η χρήση του να γίνεται αποκλειστικά και μόνο από έμπειρο και εξειδικευμένο προσωπικό. Ένα από τα σημαντικότερα μειονεκτήματα του συγκεκριμένου αερίου είναι η υψηλή ικανότητα διάβρωσης προς τα μέταλλα. Η χρησιμοποίηση της φωσφίνης ( $PH_3$ ) γίνεται με πολλαπλούς τρόπους. Γενικότερα, η φωσφίνη θα πρέπει να εφαρμοστεί για επαρκές χρονικό διάστημα, έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση της φωσφίνης με την υγρασία της ατμόσφαιρας (Noack et al., 1983). Επίσης, για την αποφυγή εμφάνισης ανθεκτικότητας από κάποιο είδος εντόμου, θα πρέπει να αποφεύγεται η εφαρμογή της φωσφίνης σε υποθανάτιες για τα έντομα δόσεις.



**Εικόνα 11.** Στερεοχημική δομή της φωσφίνης ( $PH_3$ ).

**Δισκία φωσφίνης:** Τα συγκεκριμένα δισκία αποτελούνται συνήθως από φωσφορούχο αργίλιο (AIP), παραφίνη (μείγμα υδρογονανθράκων) και

ανθρακικό αμμώνιο. Παρουσία υγρασίας λαμβάνει χώρα η παρακάτω χημική αντίδραση:  $\text{AlP} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{PH}_3 + \text{Al}(\text{OH})_3$ . Μόλις τα συγκεκριμένα δισκία έρθουν σε επαφή με την ατμοσφαιρική υγρασία, εκλύεται το αέριο της φωσφίνης ( $\text{PH}_3$ ), το οποίο έχει εξαιρετική ικανότητα διείσδυσης, με αποτέλεσμα να εισέρχεται στο εσωτερικό των εντόμων μέσω των στιγμάτων που χρησιμοποιούν για την αναπνοή. Η συγκεκριμένη διαδικασία ευνοείται ιδιαίτερα από την αύξηση της θερμοκρασίας. Τα συγκεκριμένα κυκλικά δισκία έχουν διάμετρο περίπου 16 mm, βάρος 3 γραμμάρια και εκλύουν περίπου 1 γραμμάριο αερίου φωσφίνης ( $\text{PH}_3$ ). Ένα από τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μορφής χρησιμοποίησης της φωσφίνης είναι πως ένα πολύ μικρό μέρος του φωσφορούχου αργιλίου δεν αντιδρά και παραμένει ως υπόλειμμα στο εσωτερικό του αποθηκευμένου προϊόντος (Σταμόπουλος, 2013).

**Σφαιρίδια φωσφίνης:** Χρησιμοποιούνται όταν έχουμε ως στόχο την εξοικονόμηση χρόνου και κατά κύριο λόγο για απεντόμωση σε σιλό. Συνήθως, κάθε σφαιρίδιο έχει διάμετρο 10 mm, βάρος 0,6 γραμμάρια και εκλύει περίπου 0,2 γραμμάρια φωσφίνης. Η ταχύτητα έκλυσης του αερίου μέσω των σφαιριδίων είναι μεγαλύτερη σε σχέση με τα δισκία, και εξαρτάται άμεσα από τις συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας. Εάν η θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 16-20 °C θα χρειαστούν περισσότερες από 3 ημέρες για την ολοκλήρωση της επιτυχημένης εφαρμογής, ενώ εάν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 20 °C, οι μέρες αυτές θα μειωθούν περίπου στις 2. Όσον αφορά τις εφαρμογές σε χαμηλές θερμοκρασίες είναι αξιοσημείωτο πως σε εύρος θερμοκρασιών 5-12 °C απαιτούνται περισσότερες από 8 ημέρες για την ολοκληρωμένη δράση της φωσφίνης στο αποθηκευμένο προϊόν.

**Σακίδια φωσφίνης (fumigants bags):** Όπως στα δισκία και στα σφαιρίδια, τα σακίδια φωσφίνης περιέχουν κατά 57% φωσφινίδια του αργιλίου (AlP). Είναι πιο ασφαλή κατά την εφαρμογή, ενώ χαρακτηρίζονται από την απουσία υπολειμμάτων στο αποθηκευμένο προϊόν. Χαρακτηριστικό της συγκεκριμένης μεθόδου είναι ότι υπάρχει μία μικρή καθυστέρηση έκλυσης του αερίου, αλλά

από τη στιγμή που θα εκλυθεί αυτό, διατηρείται σταθερά σε υψηλά επίπεδα για αρκετές ημέρες.

**Κουβέρτες φωσφίνης (bag blanket):** Αποτελεί οικονομική μέθοδο εφαρμογής και μοιάζει με αυτή των σακιδίων, με την διαφορά πως εδώ έχουμε τα σακίδια κλεισμένα μεταξύ 2 φύλλων ειδικής χάρτινης ταινίας μήκους περίπου 5 cm. Υπάρχουν περίπου 100 σακίδια σε κάθε κουβέρτα με απόδοση περίπου 1,13 kg αερίου σε κάθε κουβέρτα. Τοποθετείται στην επιφάνεια του προϊόντος και το αέριο της φωσφίνης που εκλύεται έχει ικανότητα διείσδυσης βάθους 30 μέτρων λόγω του μικρού μοριακού βάρους του, της παρόμοιας πυκνότητας με τον ατμοσφαιρικό αέρα και της υψηλής τάσης ατμών που επικρατεί στον αποθηκευτικό χώρο. Χρησιμοποιείται σε πλήθος αποθηκευτικών χώρων τροφίμων και προϊόντων, όπως πλοία, σιλό, και σε αποθήκες χύδην τοποθέτησης, με βασική προϋπόθεση το ότι οι χώροι εφαρμογής είναι ερμητικά σφραγισμένοι.

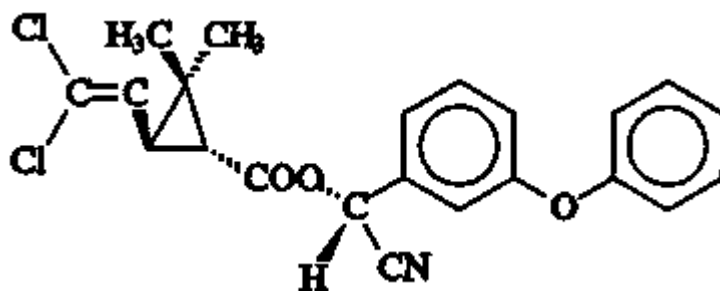
#### 1.5.2.5 Πυρεθροειδή

Οι πυρεθρίνες είναι συνθετικές ενώσεις της πυρεθρίνης (προέρχεται από το φυτικό είδος *Chrysanthemum cinerariaefolium*, κοινώς χρυσάνθεμο) Δρουν κυρίως μέσω της καταστολής του νευρικού συστήματος των εντόμων μέσω των ιόντων Na και συγκεκριμένα εμποδίζοντας το κλείσιμο των διαύλων Na (Leahy et al., 1985), προκαλώντας συνεχή μετάδοση ερεθισμάτων. Κάποιες άλλες πυρεθρίνες δρουν κατά των νευροδιαβιβαστών GABA. Πολλά σκευάσματα πυρεθρίνων που χρησιμοποιούνται ως εντομοκτόνα περιέχουν για συνεργιστική δράση την ουσία *pireperonyl butoxide*, καθώς η συγκεκριμένη ουσία έχει την ικανότητα να περιορίζει την δράση ενός ενζύμου των εντόμων που μειώνει την δράση των πυρεθρίνων. Συνεπώς, με την συνεργιστική δράση του *pireperonyl butoxide* αυξάνεται η αποτελεσματικότητα των σκευασμάτων. Η τοξικότητα τους απέναντι στον άνθρωπο και τα θερμόαιμα θηλαστικά είναι πολύ μικρή, γι' αυτό και αποτελούν μία πολύ καλή εναλλακτική στα οργανοφωσφορικά εντομοκτόνα. Έχουν αναφερθεί όμως αρνητικές επιδράσεις των πυρεθρινών σε υδρόβιους οργανισμούς και σε κάποια είδη επικονιαστών, όπως οι μέλισσες. Ο χρόνος ημιζωής τους στο

έδαφος φτάνει τις 12 ημέρες με μικρό βαθμό βιοσυσσώρευσης. Η χρησιμοποίησή τους σε συνδυασμό με οργανοφωσφορικά σκευάσματα έχει δείξει εξαιρετικά αποτελέσματα έναντι στο σύνολο των εντόμων που απειλούν τα αποθηκευμένα προϊόντα και έχει συμβάλει στην μείωση του κόστους απεντόμωσης.

### *Alpha-cypermethrin*

Η συγκεκριμένη δραστική ανήκει στην ομάδα των πυρεθρίνων με ευρύ φάσμα δράσης απέναντι σε πολλούς εχθρούς, Έχει μικρή υδατοδιαλυτότητα και παραμένει σταθερή κάτω από όξινες και ουδέτερες συνθήκες. Χρησιμοποιείται κατά κόρον σε χώρες που απειλούνται από πληθυσμούς κουνουπιών που προκαλούν θανατηφόρες ασθένειες, μέσω ψεκασμών στον εξωτερικό και εσωτερικό χώρο κτιρίων (δάπεδο, τοίχους, κουζίνες σπιτιών), είτε ως δραστική σε εμποτισμένα προστατευτικά δίχτυα για την θανάτωση των κουνουπιών αλλά και την παρεμπόδιση επαφής τους με τους ανθρώπους. Ο ψεκασμός των παραπάνω επιφανειών θα πρέπει να γίνει με προσεκτικό τρόπο καθώς η συγκεκριμένη δραστική ουσία δεν έχει διασυστηματική δράση. Γενικότερα, έχει ένα ευρύ φάσμα δράσης απέναντι σε έντομα που απασχολούν την δημόσια υγεία, με σημαντική αποτελεσματικότητα έναντι ενηλίκων και προνυμφικών σταδίων, αλλά ακόμα και εναντίον των αυγών. Τέλος, όπως ισχύει για όλα τα εντομοκτόνα, θα πρέπει να γίνεται ορθή χρήση της καθώς έχει έντονη τοξική δράση έναντι υδρόβιων οργανισμών και επικονιαστών, όπως οι μέλισσες. Η δραστική ουσία alpha-cypermethrin έχει πολύ καλά αποτελέσματα έναντι εχθρών αποθηκευμένων προϊόντων. Συγκεκριμένα η συγκεκριμένη δραστική απέφερε την πλήρη θανάτωση ενηλίκων ατόμων του είδους *O. surinamensis* σε επιφάνειες τσιμέντου και μεταλλικές επιφάνειες μετά από 5 ημέρες έκθεση (Agrafioti et al., 2015).



Εικόνα 12. Μόριο της δραστικής ουσίας alpha cypermethrin.  
(πηγή: <http://www.fao.org/docrep/W4601E/w4601e08.htm>)

### 1.5.3 Φυσικά μέσα καταπολέμησης

#### 1.5.3.1 Ελεγχόμενη ατμόσφαιρα

Η συγκεκριμένη μέθοδος σχετίζεται με την τροποποίηση των ατμοσφαιρικών συνθηκών στον αποθηκευτικό χώρο και κατά κύριο λόγο με την αύξηση της ποσότητας CO<sub>2</sub> ή N<sub>2</sub> και την μείωση του O<sub>2</sub> με σκοπό την δημιουργία δυσμενούς περιβάλλοντος για την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου των εντόμων (Annis & Dowsett, 1993). Πέρα όμως από το CO<sub>2</sub> και το N<sub>2</sub> που έχουν χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία πολύ χαμηλού ποσοστού O<sub>2</sub>, έχουν μελετηθεί για τον ίδιο λόγο και 2 ευγενή αέρια, το He και το Ar (Lindgren et al., 1968; Aliniáze, 1972). Ενδεικτικά, ποσοστά O<sub>2</sub> μεταξύ 0,1-1% ήταν αποτελεσματικά εναντίον του *T. castaneum* (Navarro, 1978). Για το συγγενές είδος *T. confusum* μείωση του O<sub>2</sub> σε επίπεδα μεταξύ 0.9 έως 1.4% με την προσθήκη αζώτου δεν έδωσαν ικανοποιητικά αποτελέσματα (Jay et al., 1971; Tunc, 1983). Τέλος, όσον αφορά το άκαρι *Acarus siro* L. (*Astigmata*: *Acaridae*), που αποτελεί σημαντικό εχθρό των αποθηκευμένων προϊόντων, αποδείχθηκε πως η έκθεση του για 24 ώρες σε περιβάλλον που περιέχει ποσοστά O<sub>2</sub> 2% και θερμοκρασία 26°C μπορεί να αποφέρει 100% θνησιμότητα του πληθυσμού (Calderon & Barkai-Golan, 1990).

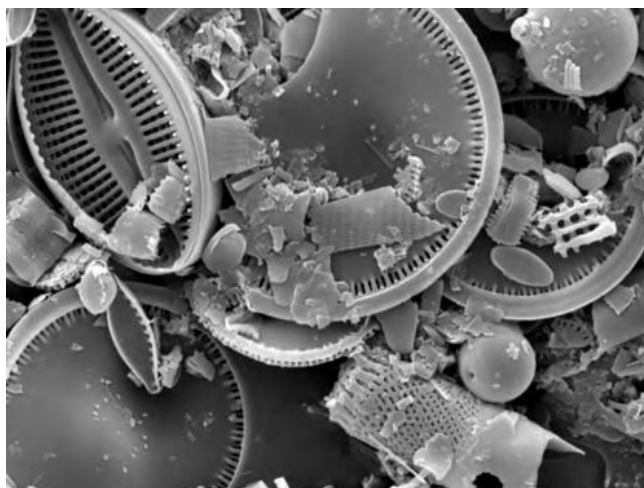
#### 1.5.3.2 Όζον (O<sub>3</sub>)

Η χρησιμοποίηση του όζοντος ως μέσου απεντόμωσης βρίσκεται ακόμα υπό μελέτη. Το O<sub>3</sub> έχει σχετικά μικρό χρόνο ημιζωής που κυμαίνεται μεταξύ 20-30 λεπτών, γεγονός που σημαίνει πως αποσυντίθεται άμεσα σε O<sub>2</sub> (ατμοσφαιρικό οξυγόνο) χωρίς να αφήνει δυσάρεστα υπολείμματα στο

προϊόν, κάτι που το καθιστά την χρησιμοποίησή του ασφαλή. Το  $O_3$  έχει την δυνατότητα αποστείρωσης και μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μέσο απεντόμωσης τροφίμων ή αποθηκευμένων προϊόντων σε συγκεντρώσεις μικρότερες των 45 ppm. Ένα βασικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι πως το  $O_3$  έχει την ικανότητα να διαβρώνει μεγάλο αριθμό μετάλλων (Mason., 2003). Η χρησιμοποίηση του ως μέσω απεντόμωσης σίτου σε συγκέντρωση 50 ppm για 30 συνεχόμενες ημέρες δεν επηρέασε αρνητικά κανένα από τα βασικά χαρακτηριστικά ποιότητας του προϊόντος (σύνθεση αμινοξέων, λιπαρά οξέα, διατήρηση ποιότητας στα προϊόντα άλεσης).

#### 1.5.3.3 Γη διατόμων

Η συγκεκριμένη μέθοδος αποτελεί μία φυσική τεχνική απεντόμωσης με αρκετές προοπτικές εξέλιξης. Συγκεκριμένα, βασίζεται σε κοιτάσματα απολιθωμένων μονοκύτταρων οργανισμών (φύκη), τα οποία σε ένα μεγάλο ποσοστό αποτελούνται από οξείδια του πυριτίου ( $SiO_2$ ) (Carlson & Bali, 1962). Η εφαρμογή της γης διατόμων δεν ενέχει κανένα κίνδυνο για τα θερμόαιμα θηλαστικά, ενώ δεν υπάρχει μεγάλος κίνδυνος ανάπτυξης ανθεκτικότητας από τα έντομα στη συγκεκριμένη μέθοδο.



**Εικόνα 5.** Γη διατόμων (εικόνα ηλεκτρονικού μικροσκοπίου σαρώσεως).

(πηγή: <https://diatomaceous.org/food-grade-diatomaceous-earth>)

Τα δύο σημαντικότερα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου είναι πρώτον πως η γη διατόμων δεν έχει την ικανότητα να έρθει σε επαφή με



έντομα τα οποία βρίσκονται στο εσωτερικό του σπόρου και δεύτερον πως μειώνει το εκατολιτρικό βάρος των σπόρων κάτι που αποφέρει οικονομική απώλεια κατά την εμπορευματοποίηση του προϊόντος (Σταμόπουλος, 2013).

#### 1.5.3.4 Ιονίζουσα ακτινοβολία

Μέχρι στιγμής έχουν χρησιμοποιηθεί δύο είδη ακτινοβολιών για την αντιμετώπιση εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα και τρόφιμα. Η μία είναι η γ- ακτινοβολία που παράγεται κυρίως από ραδιενεργά ισότοπα όπως το Κοβάλτιο-60, και η άλλη η β-ακτινοβολία, η οποία αποτελείται από μία δέσμη ηλεκτρονίων και είναι ασφαλέστερη μέθοδος σε σχέση με την χρήση των ραδιενεργών ισότοπων. Η χρησιμοποίηση των ακτινοβολιών έχει δύο τρόπους εφαρμογής, είτε απευθείας ακτινοβολήση των εντόμων για τη στείρωση για τους και την αποφυγή του πολλαπλασιασμού τους, είτε εφαρμογή της ακτινοβολίας πάνω στο προϊόν με σκοπό την θανάτωση των εντόμων. Η χρησιμοποίηση των ακτινοβολιών για θανάτωση των πληθυσμών μέσα στο προϊόν απαιτεί σε κάθε περίπτωση υψηλότερες δόσεις. Όσον αφορά την στείρωση, το είδος *C. ferrugineus* απαιτεί δόσεις που κυμαίνονται στα 0,6 kGy ενώ οι δόσεις για τα είδη *O. surinamensis* και *T. castaneum* αγγίζουν τα 2,0 kGy. Από την άλλη, οι δόσεις ακτινοβολίας που απαιτούνται για την στείρωση του ακάρεως *A. siro* φτάνουν τα 4,5 kGy. Όσον αφορά στην χρησιμοποίηση της γ-ακτινοβολίας για την θανάτωση των εντόμων σε δόσεις 0,5 kGy για το είδος *C. ferrugineus* απαιτούνται 14 ημέρες, 28 ημέρες για το *T. castaneum*, 70 ημέρες για το *O. surinamensis* και 200 ημέρες για το άκαρι *A. siro*. Γενικότερα, η ακτινοβολία γ έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα λόγω της μεγαλύτερης ικανότητας διείσδυσης μέσα στο προϊόν που διαθέτει (Σταμόπουλος, 2013).

#### 1.5.3.5 Χρησιμοποίηση υψηλών θερμοκρασιών

Πολύ υψηλές θερμοκρασίες (συνήθως πάνω από 50 °C) είναι ικανές να θανατώσουν τα περισσότερα στάδια των εντόμων αποθηκών. Αυτές οι θερμοκρασίες επιτυγχάνονται στο αποθηκευτικό χώρο μέσω γεννητριών, συσκευών μικροκυμάτων και ραδιοκυμάτων (Σταμόπουλος, 1999). Το εύρος θερμοκρασιών που είναι ικανό να θανατώσει όλα τα στάδια ενός εντόμου

κυμαίνεται μεταξύ 60-65 °C, στην πραγματικότητα όμως χρησιμοποιούνται θερμοκρασίες κοντά στους 55 °C. Πιο συγκεκριμένα, η έκθεση των εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 62 °C μπορεί να αποφέρει τον θάνατο τους σε λιγότερο από 1 λεπτό (Beckett et al., 2007), ενώ για έκθεση των εντόμων σε θερμοκρασίες μεταξύ 50-62 °C μπορεί να χρειαστούν μέχρι και 24 ώρες για τον θάνατο του πληθυσμού. Μεταξύ 36-42 °C ο πληθυσμός των εντόμων εξασθενεί αργά και παρατηρείται μετακίνηση των εντόμων προς ψυχρότερα σημεία (Fields, 1992).

#### 1.5.3.6 Χρησιμοποίηση χαμηλών θερμοκρασιών

Το ιδανικότερο εύρος ανάπτυξης των εντόμων που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα κυμαίνεται μεταξύ 25-33 °C, όμως η χρησιμοποίηση αρκετά χαμηλών θερμοκρασιών για την δημιουργία δυσμενών συνθηκών ανάπτυξης θεωρείται ένα σημαντικό και αποτελεσματικό μέσο αντιμετώπισης των εντόμων αποθηκών. Επειδή είναι πολύ πιθανόν με την συγκεκριμένη μέθοδο να “παγώσουμε” την ανάπτυξη των εντόμων, παρά να αποφέρουμε θνησιμότητα θα ήταν προτιμότερο να χρησιμοποιηθεί ως μέθοδος πρόληψης παρά ως μέσω απεντόμωσης προσβεβλημένου προϊόντος (Burrell, 1967). Πιο συγκεκριμένα μεταξύ 20-25 °C αρχίζει να επιβραδύνεται λίγο η ανάπτυξη των εντόμων, ενώ μεταξύ 13-20 °C επιβραδύνεται ακόμη περισσότερο η ανάπτυξη τους. Όσο περισσότερο μειώνεται η θερμοκρασία, τόσο επιβραδύνεται η ανάπτυξη των εντόμων, μέχρι που η ανάπτυξη τους σταματά. Σε θερμοκρασίες 3-13 °C παρατηρείται μία επιβράδυνση της κίνησης των εντόμων και τα πρώτα χαμηλά ποσοστά θνησιμότητας μετά από μερικές ημέρες. Όταν οι θερμοκρασίες φθάσουν σε πολύ χαμηλό επίπεδο κάτω από το 0, δηλαδή μεταξύ -5 και -10 επιτυγχάνονται πολύ υψηλά ποσοστά θνησιμότητας σε μερικές εβδομάδες, με την ταχύτερη εμφάνιση θανάτου μέσα σε μερικά λεπτά να παρατηρείται όταν η θερμοκρασία πλησιάσει τους -20 (Fields & Muir, 1996).

#### 1.5.4 Μηχανικά μέσα καταπολέμησης

##### 1.5.4.1 Πίεση

Σε μερικά γεωργικά προϊόντα, τα οποία υπόκεινται σε δεματοποίηση, επιτυγχάνεται η σύνθλιψη και θανάτωση των εντόμων με την πίεση, κυρίως αυτών που βρίσκονται στο εσωτερικό των δερμάτων. Η πίεση βέβαια που ασκείται στα έντομα των ανώτερων στρωμάτων των δερμάτων είναι μικρή. Ως αποτέλεσμα αυτού η μέθοδος αυτή δεν αποτελεί έναν τρόπο απεντόμωσης των εντόμων αποθηκών με αποδεκτή αποτελεσματικότητα.

##### 1.5.4.2 Entoleter

Αποτελεί μία μηχανική μέθοδο αντιμετώπισης των εντόμων. Συνοπτικά, με την χρήση συγκεκριμένης συσκευής, η οποία περιέχει στο εσωτερικό της μεταλλικά δισκία, τα τρόφιμα υπόκεινται σε φυγοκεντρική περιστροφή που αγγίζει τα 3000 rpm (Σταμόπουλος, 2013). Η πρόσκρουση οποιουδήποτε σταδίου των εντόμων με τις συγκεκριμένες μεταλλικές συσκευές σε συνδυασμό με την αυξημένη ταχύτητα περιστροφής είναι δυνατόν να αποφέρει 100% θνησιμότητα.

##### 1.5.4.3 Χρήση CO<sub>2</sub> υπό πίεση

Άλλη μία μηχανική μέθοδος αντιμετώπισης των εχθρών στα αποθηκευμένα τρόφιμα και προϊόντα είναι η χρησιμοποίηση του CO<sub>2</sub> σε αυξημένα επίπεδα πίεσης. Έχει παρατηρηθεί πως η χρήση του CO<sub>2</sub> σε βαθμό πίεσης που φθάνει τα 20 bar για περίπου 60 λεπτά μπορεί να αποβεί ικανοποιητική για τον έλεγχο των περισσοτέρων εχθρών. Εάν μειώσουμε την πίεση στα 15 bar η αποτελεσματικότητα της μεθόδου μειώνεται. Τα αυγά του σκαθαριού του καπνού *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera: Anobiidae) εμφανίζουν την μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε αυτήν την μέθοδο (Banks & Annis, 1990). Επιπρόσθετα, ένα είδος που αντιμετωπίζεται με επιτυχία μέσω αυτής της μεθόδου είναι το είδος *O. surinamensis*.

#### 1.5.4.4 Χρήση κενού

Σε αποθηκευμένα προϊόντα που είναι τοποθετημένα σε κλειστούς χώρους επιδιώκουμε την μείωση της ποσότητας του ατμοσφαιρικού αέρα. Επιπρόσθετα, η αύξηση του ποσοστού του CO<sub>2</sub> λόγω αναπνοής των σπόρων και των ίδιων των εντόμων θα αποφέρει ένα περιβάλλον μη βιώσιμο για τα έντομα. Η μέθοδος αυτή έχει βρει πρακτική εφαρμογή σε πολλές εγκαταστάσεις, το βασικό της όμως μειονέκτημα είναι το υψηλό κόστος εφαρμογής.

#### *1.5.5 Εμβαπτισμένα δίχτυα*

Η χρήση των πυρεθρίνων πέρα από τον ψεκασμό αποθηκευτικών χώρων, γίνεται και μέσω εμβαπτισμένων δικτύων που χρησιμοποιούνται ενάντια σε έντομα που απειλούν την δημόσια υγεία. Συγκεκριμένα ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας σε συνεργασία με συγκεκριμένες εταιρείες έχει θέσει σε εφαρμογή εμβαπτισμένα προστατευτικά δίχτυα που περιέχουν διαφορετικά είδη δραστικών όπως το alpha-cypermethrin και το deltamethrin. Η αποτελεσματικότητα των συγκεκριμένων δικτύων βασίζεται τόσο για στην μηχανική παρεμπόδιση τους όσο και στην θανάτωση των εντόμων λόγω της επαφής με το εντομοκτόνο. Χρησιμοποιούνται ευρέως εναντίον διαφόρων ειδών κουνουπιών που έχουν την δυνατότητα να μεταφέρουν ασθένειες στον ανθρώπινο πληθυσμό.

##### 1.5.5.1 Carifend

Το Carifend είναι ένα προστατευτικό δίχτυ εμβαπτισμένο με την δραστική ουσία alpha-cypermethrin, που χρησιμοποιείται κυρίως για την προστασία του αποθηκευμένου καπνού. Η διάρκεια της αποτελεσματικότητας του συγκεκριμένου προστατευτικού δικτύου αγγίζει τα 2 χρόνια.



**Εικόνα 13.** Κάλυψη αποθηκευμένων προϊόντων καπνού με το προστατευτικό δίχτυ Carifend. (πηγή: <https://agriculture.basf.com/en/Pest-Control/Stored-Product-Pest-Control.html>)

Πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει την αποτελεσματικότητα του Carifend έναντι σημαντικών εχθρών του καπνού, όπως το σκαθάρι *L. serricornis* και το λεπιδόπτερο *E. elutella* που απειλούν τα αποθηκευμένα προϊόντα καπνού (Msango & Longwe, 2013). Η υψηλή αποτελεσματικότητα του Carifend στα συγκεκριμένα αποθηκευμένα προϊόντα έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του αριθμού των επεμβάσεων με καπνιστικά εντομοκτόνα, γεγονός που μειώνει σημαντικά αντίστοιχα και το κόστος απεντόμωσης. Η προστασία των προϊόντων μέσω του Carifend επιτυγχάνεται με δύο τρόπους. Πρώτον, το δίχτυ αποτρέπει μηχανικά την επαφή των εντόμων με το υπό αποθήκευση προϊόν και δεύτερον προκαλεί τη θανάτωση των εντόμων λόγω της δράσης του εντομοκτόνου.

## 1.6 Κυριότερα έντομα και ακάρεα αποθηκών

### 1.6.1 *Prostephanus truncatus* Horn (Coleoptera, Bostrychidae)

Το μήκος του εντόμου κατά το ενήλικο στάδιο κυμαίνεται μεταξύ 2,5 και 4 mm με σκούρο καστανό χρωματισμό κυλινδρικού σχήματος και στοματικά μόρια μασητικού τύπου. Ο μικρότερη διάρκεια του βιολογικού του κύκλου υπό ιδανικές συνθήκες είναι 25 ημέρες. Έχει την δυνατότητα να προκαλεί σημαντικές ζημιές στον αραβόσιτο κατά την αποθήκευση, αλλά και λίγο πριν την συγκομιδή στον αγρό σε τροπικά και υποτροπικά κλίματα, και στην κασάβα (Hodges, 1982; 1994; Hodges et al., 1985). Τα ενήλικα μετακινούνται



**Εικόνα 14.** Ενήλικο άτομο του είδους *Prostephanus truncatus* (πηγή: [http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize\\_pests-/key/maize\\_pests/Media/Html/Prostephanus\\_truncatus\\_Horn\\_-\\_Larger\\_Grain\\_Borer\\_\(LGB\).htm](http://keys.lucidcentral.org/keys/v3/eafrinet/maize_pests-/key/maize_pests/Media/Html/Prostephanus_truncatus_Horn_-_Larger_Grain_Borer_(LGB).htm))

σε μικρές αποστάσεις πετώντας. Τα θηλυκά εναποθέτουν τα αυγά τους σε ομάδες κατά κύριο λόγο στο εσωτερικό των σπόρων (Hodges, 1982), αλλά και μεμονωμένα. Στο σύνολο της ζωής τους μπορούν να εναποθέσουν 600 αυγά. Οι ιδανικές συνθήκες μετάβασης από το στάδιο της προνύμφης σε ενήλικο στο εσωτερικό σπόρων αραβόσιτου είναι οι 32°C και 80% υγρασία με διάρκεια περίπου 27 ημέρες. Τα θηλυκά άτομα μπορεί να έχουν μεγαλύτερο βιολογικό κύκλο, με μέγιστο της 61 ημέρες, σε σχέση με τα αρσενικά, των οποίων η μέγιστη διάρκεια ζωής είναι οι 45 ημέρες. Αμφότερα προνύμφες και ενήλικα προκαλούν ζημιές σε σπόρους αραβόσιτου, με τα ενήλικα να

δημιουργούν στοές με σκοπό να εισέρθουν στο εσωτερικό τους. Οι σπόροι θρυμματίζονται πλήρως και γίνονται σκόνη από την προσβολή του συγκεκριμένου εντόμου.

#### 1.6.2 *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera, Bostrychidae)

Το μήκος του ενήλικου εντόμου κυμαίνεται από 2,5 έως 3 mm, το σώμα έχει κυλινδρικό καστανοκόκκινο σχήμα ενώ η κεφαλή δεν ξεχωρίζει από ψηλά (Howe, 1950). Το σχήμα των αυγών είναι οβάλ με μήκος περίπου 0,6 mm, λευκού χρώματος αρχικά με μεταχρωματισμού σε κόκκινο λίγο πριν την εκκόλαψη. Αποτελεί κοσμοπολίτικο είδος με μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης στις τροπικές και υποτροπικές ζώνες (Mallis, 1982) προσβάλλοντας συχνότερα ακέραιους καρπούς. Το σύνολο των αυγών κατά την διάρκεια της ζωής ενός θηλυκού ατόμου κυμαίνεται από 200 έως 500. Η μικρότερη θερμοκρασία ανάπτυξης του εντόμου είναι οι 20 °C, με ιδανικότερη αυτή των 34 °C και υγρασία σπόρου περίπου 14%. Τα ενήλικα άτομα έχουν την δυνατότητα να ζήσουν από 4 έως 8 μήνες και το κατώτερο όριο προσβολής υγρασίας του καρπού είναι το 9%.



**Εικόνα 15.** Αυγό, προνύμφη πούπα και ενήλικο άτομο του είδους *Rhyzopertha dominica*.

(πηγή: <http://pbt.padil.gov.au/pbt/index.php?q=node/23&pbtID=187>)

Τα στάδια της προνύμφης είναι 4 κατά τα οποία αυξάνεται σημαντικά το μήκος των ατόμων. Σε εύρος θερμοκρασιών 30 έως 34 °C και σχετική υγρασία κοντά στο 70%, οι προνύμφες μπορούν σε διάστημα 17–19 ημέρες



να ολοκληρώσουν την ανάπτυξη τους και να μεταμορφωθούν σε νύμφες (Σταμόπουλος, 1999). Το συγκεκριμένο έντομο εμφανίζεται παγκοσμίως, προκαλώντας ιδιαίτερα προβλήματα σε αποθηκευμένα προϊόντα σε Ηνωμένες Πολιτείες και Αυστραλία.

#### 1.6.3 *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera, Sylvanidae)

Το μήκος του σώματος του ενήλικου κυμαίνεται από 2,5 έως 3,5 mm, έχει σκουρόχρωμη καφέ απόχρωση και κατά μήκος του θώρακα εκτείνονται 2 χαρακτηριστικές αυλακώσεις. Επιπλέον, τα ενήλικα άτομα φέρουν 6 συνολικά ακανθώδεις αποφύσεις που μοιάζουν με δόντια και μοιράζονται και στις 2 πλευρές. Το ενήλικο διαθέτει φτερά που όμως σπανίως χρησιμοποιεί για πτήση. Αποτελεί δευτερεύον εχθρό των αποθηκευμένων σιτηρών και δεν έχει παρατηρηθεί στον αγρό ως εχθρός κάποιας καλλιέργειας. Τόσο το ενήλικο όσο και η προνύμφη έχουν την δυνατότητα να δημιουργήσουν ρωγμές και να καταστρέψουν τα σπέρματα. Έχει επίσης την δυνατότητα να προσβάλλει σοκολατούχα αποθηκευμένα τρόφιμα (Begum et al., 2007).



**Εικόνα 16.** Ενήλικο άτομο του είδους *Oryzaephilus surinamensis*.

(πηγή: <https://bugguide.net/node/view/543984>)

Η ημερήσια εναπόθεση των αυγών κυμαίνεται μεταξύ 6-10, ενώ κατά την διάρκεια της ζωής του το θηλυκό έχει την δυνατότητα να εναποθέσει έως και



375 αυγά. Οι ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης του συγκεκριμένου εντόμου είναι σε σχετική υγρασία μεταξύ 70-90% και θερμοκρασία 30-35 °C, αλλά εμφανίζει σχετική αντοχή κατά την έκθεση του σε δυσμενείς θερμοκρασίες. Χαρακτηριστικά έχει παρατηρηθεί επιβίωση του συγκεκριμένου εντόμου για 4 ημέρες σε θερμοκρασίες κάτω από το 0 °C.

#### 1.6.4 *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera, Tenebrionidae)

Το ενήλικο του *T. confusum* έχει μήκος 3-4 mm και περίπου 1mm πλάτος και ερυθροκαστανό χρωματισμό. Το είδος αυτό είναι λίγο μεγαλύτερο από το συγγενές είδος *T. castaneum* και για τον διαχωρισμό των δύο εντόμων θα πρέπει να παρατηρήσουμε κάποια συγκεκριμένα μορφολογικά χαρακτηριστικά, όπως τον σχηματισμό της κεραίας ή το μέγεθος των οφθαλμών. Το *T. confusum* διαθέτει επίσης φτερά χωρίς όμως να συνηθίζει να πετάει (Trematerra & Suss, 2006), σε αντίθεση με το *T. castaneum* που εάν εκτεθεί σε επίπεδη επιφάνεια με την παρουσία έντονου φωτισμού πετά σε πάρα πολύ μικρές αποστάσεις.



**Εικόνα 17.** Ενήλικο άτομο του είδους *Tribolium confusum*.

(πηγή: <https://www.grainscanada.gc.ca/storage-entrepot/pip-irp/rfb-trf-eng.htm>)

Το συγκεκριμένο έντομο παρατηρείται σε πολλά είδη αλεύρου, όπως αλεύρι σίκαλης, σίτου, ρυζιού, ενώ ως δευτερεύων εχθρός των αποθηκευμένων προϊόντων έχει την ικανότητα να προσβάλλει και ακέραιους σπόρους σιτηρών, τα οποία έχουν υποστεί φθορές από άλλες αιτίες (π.χ. άλλα έντομα

αποθηκών) και έχουν μεγάλο ποσοστό άχρηστων ξένων υλών. Τα αυγά τους έχουν οβάλ σχηματισμό και συνήθως είναι καλυμμένα από σκόνες και σωματίδια αλεύρου, αποκτώντας ένα ακανόνιστο σχήμα με γυμνό μάτι. Η έντονη συγκόλληση των ξένων υλών στα αυγά σχετίζεται με μία κολλώδη ουσία που περιβάλλει την εξωτερική τους επιφάνεια. Το σύνολο των αυγών που μπορεί να γεννήσει ένα θηλυκό άτομο κατά την διάρκεια της ζωής του είναι 400-500. Μετά από 3-5 ημέρες μετά την ωοτοκία τα αυγά εκκολάπτονται σε προνύμφες. Κάθε στάδιο ανάπτυξης είναι ευδιάκριτο με γυμνό οφθαλμό (Fleming & Gross, 1990). Τα ενήλικα έχουν δυνατότητα επιβίωσης από 1 έως 3 χρόνια σε ιδανικές συνθήκες και εμφανίζουν χαρακτηριστική ανθεκτικότητα σε συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας και υγρασίας. Οι ιδανικότερες συνθήκες ανάπτυξης του *T. confusum*, είναι θερμοκρασία 30-32 °C και 70% σχετική υγρασία. Ακόμη, πέρα από τις φθορές που προκαλεί το συγκεκριμένο είδος σε διάφορα παραπροϊόντα σιτηρών, παράγει και εκπέμπει κινόνες, οι οποίες έχουν χαρακτηριστικές αρνητικές συνέπειες για τον ανθρώπινο οργανισμό και θεωρούνται πιθανώς καρκινογόνες.

#### 1.6.5 *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) (καλάντρα του σιταριού)

Στο ενήλικο στάδιο έχει μήκος σώματος 2-3 mm και δεν διαθέτει ικανότητα πτήσης. Η προνύμφη έχει ανοιχτό κόκκινο προς καστανό χρώμα. Το είδος αυτό απαντάται παγκοσμίως, δείχνοντας προτίμηση σε εύκρατα κλίματα. Έχει την ικανότητα να επιβιώνει κατά την χειμερινή περίοδο στο εσωτερικό μη θερμαινόμενων αποθηκευμένων χύδην σιτηρών. Χρησιμοποιεί ως ξενιστές αποθηκευμένα προϊόντα σίτου, κριθαριού, βρώμης, ρυζιού, καλαμποκιού, κεχριού, σίκαλης. Ιδανικές συνθήκες ανάπτυξης του εντόμου θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν επίπεδα σχετικής υγρασίας κοντά στο 70% και θερμοκρασία 30°C. Το ενήλικο θηλυκό έχει την δυνατότητα να εναποθέσει 1 ή 2 αυγά στο εσωτερικό κάθε σπόρου, όμως λόγω του κανιβαλισμού των προνυμφών μόνο ένα άτομο θα επιβιώσει στο εσωτερικό του εκάστοτε σπόρου. Εναποθέτει κατά μέσο όρο 200 αυγά ανά θηλυκό άτομο κατά την διάρκεια της ζωής του. Στους 21°C ο βιολογικός κύκλος του εντόμου διαρκεί

από 57 έως 71 ημέρες ανάλογα με την υγρασία του προϊόντος. Η διάρκεια ζωής του ενήλικου εντόμου μπορεί να φτάσει μέχρι και τους 8 μήνες, ενώ έχει



**Εικόνα 18.** Ενήλικο άτομο του είδους *Sitophilus granarius*.

(πηγή: <http://www.eakringbirds.com/eakringbirds4/insect-infocussitophilusgranarius.htm>)

την δυνατότητα να αναπτύξει μέχρι και 4 γενεές ανά έτος. Έχει δυνατότητα επιβίωσης ακόμα και σε ψυχρότερα κλίματα σε θερμοκρασίες μικρότερες των 11 °C (Howe, 1973). Παγίδες τύπου σόντας έδειξαν μεγάλη επιτυχία στην ανίχνευση πληθυσμών του συγκεκριμένου είδους σε χύδην αποθηκευμένα σιτηρά (Μπουχέλος και Αθανασίου, 1996). Η επέμβαση μέσω του καπνιστικού αερίου της φωσφίνης ( $\text{PH}_3$ ) σε πούδες του *S. granarius* απέφεραν 100% θνησιμότητα μετά από 10 ημέρες (Goto et al., 1996).

#### 1.6.6 *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) (σκαθάρι του ρυζιού)

Το σώμα του ενήλικου εντόμου έχει μήκος από 3 έως 4,8 mm (Birch, 1944). Έχει ικανότητα πτήσης, που του δίνει την δυνατότητα προσβολής της καλλιέργειας στον αγρό, ιδιαίτερα εάν υπάρξει καθυστερημένη συγκομιδή. Ακόμη, διαθέτει χαρακτηριστικά διάστικτα σημάδια κίτρινου χρώματος και οβάλ σχήματος στο εμπρόσθιο μέρος των πτερύγων του. Είναι έντομο το οποίο δεν έχει ιδιαίτερη αντοχή στο ψύχος, γι αυτό και συναντάται κατά κύριο

λόγο σε τροπικά και εύκρατα κλίματα. Η ανάπτυξη των διάφορων σταδίων του εντόμου ολοκληρώνεται στο εσωτερικό του σπόρου και έχει εμφανισθεί ως ξενιστής σε αποθηκευμένα προϊόντα σίτου, κριθαριού, ρυζιού, βάμβακος, σόργου, βρώμης, σίκαλης και καλαμποκιού. Προτιμά άθικτους, υγιείς σπόρους. Ακόμη, έχει παρατηρηθεί ως ξενιστής σε σπόρους φασολιού, παραπροϊόντων σιταριού, όπως ζυμαρικά, κασάβα, τροφές κατοικίδιων, ακόμη και άλευρα χωρίς όμως την δυνατότητα αναπαραγωγής σε αυτά (Lapresse, 1944) . Η καταλληλότερη θερμοκρασία ωοτοκίας για το συγκεκριμένο έντομο κυμαίνεται από 25,5-29,1 °C. Τα αυγά προστατεύονται από ένα ζελατινώδες υλικό που υπάρχει στην επιφάνειά τους. Η περίοδος εκκόλαψης τους διαρκεί κατά μέσο όρο 5 ημέρες με ποσοστό εκκόλαψης που αγγίζει το 75%. Η ελάχιστη θερμοκρασία ολοκλήρωσης του βιολογικού κύκλου του ανέρχεται σε 18.2 °C, ενώ η ιδανικότερη θερμοκρασία για την ολοκλήρωση του βιολογικού κύκλου είναι 29.1°C, οπότε και ο βιολογικός κύκλος του εντόμου διαρκεί 25 ημέρες. Στο εσωτερικό κάθε σπόρου είναι δυνατόν το θηλυκό άτομο να εναποθέσει έως και 3 αυγά, τα οποία όμως λόγω ανταγωνισμού για την τροφή θα αργήσουν να εκκολαφθούν. Στην εφαρμογή διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) έχει επιδείξει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα σε σχέση με άλλα είδη που προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα (Kishino et al., 1996).



**Εικόνα 19.** Ενήλικο άτομο του είδους *Sitophilus oryzae*.

(πηγή: <https://bugguide.net/node/view/228627/bgimage>)

#### 1.6.7 *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae)

Παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με τα είδη *S. granarius* και *S. oryzae*. Αποτελεί κοσμοπολίτικο είδος. Ένα από τα χαρακτηριστικά που κάνει το *S. zeamais* να ξεχωρίζει από το είδος *S. oryzae* είναι η παρουσία πτερύγων κάτω από τα έλυτρα. Ακόμη μία χαρακτηριστική διαφορά μεταξύ των δύο ειδών είναι πως οι κηλίδες στον προθώρακα στο είδος *S. zeamais* έχουν κυλινδρικό σχήμα, σε αντίθεση με αυτές του *S. oryzae* που φέρουν κατά κύριο λόγο οβάλ σχηματισμό. Προσβάλλει κατά κύριο λόγο αποθηκευμένα προϊόντα καλαμποκιού, αλλά συναντάται επίσης ως έντομο προσβολής αποθηκευμένων προϊόντων όπως η κασάβα, η γλυκοπατάτα, το σιτάρι και το σόργο. Το μήκος του ενήλικου εντόμου κυμαίνεται μεταξύ 3-3,5 mm, έχει μαύρο χρώμα με γυαλιστερή όψη, με έλυτρα που περιέχουν βαθουλώματα και έντονες κηλίδες κίτρινης απόχρωσης. Είναι χαρακτηριστικό πως οι κηλίδες στην περιοχή του θώρακα βρίσκονται σε ακανόνιστη διάταξη ενώ αυτές που παρουσιάζονται στα έλυτρα βρίσκονται σε γραμμές. Οι προνύμφες του



**Εικόνα 20.** Ενήλικο άτομο του είδους *Sitophilus zeamais*.

(πηγή: <http://www.uniprot.org/taxonomy/7047>)

συγκεκριμένου εντόμου είναι άποδες και λευκού χρώματος. Ο μέγιστος αριθμός αυγών που μπορεί να γεννήσει ένα ενήλικο θηλυκό άτομο φθάνει τα 150 αυγά. Σε θερμοκρασία 25 °C η εκκόλαψη των αυγών διαρκεί 6 ημέρες. Η εναπόθεση των αυγών γίνεται σε εύρος θερμοκρασιών 15-35 °C (με ιδανικότερη αυτή των 25 °C) και υγρασία του αποθηκευμένου προϊόντος μεγαλύτερη του 10%. Η διάρκεια ζωής του ενήλικου σταδίου μπορεί να φτάσει ακόμη και τον ένα χρόνο. Η παρατήρηση της προσβολής από το συγκεκριμένο έντομο γίνεται δυσκολότερη καθώς η προνύμφη παραμένει στο εσωτερικό μέρος των σπερμάτων. Ακόμη η προσβολή από το συγκεκριμένο είδος είναι εφικτό να ξεκινήσει από τον αγρό, αλλά βεβαίως παίρνει πολύ μεγαλύτερες διαστάσεις στον αποθηκευτικό χώρο.

#### 1.6.8 *Lasioderma serricorne* (F.) (Coleoptera, Anobiidae) (σκαθάρι του καπνού)

Το μέγεθος του ενήλικου εντόμου κυμαίνεται μεταξύ 2-3 mm, έχει καστανοκόκκινο χρώμα και οβάλ σχήμα. Το είδος αυτό έχει κοσμοπολίτικη παρουσία. Το κεφάλι καλύπτεται συνήθως από το πρόνωτο, και τα έλυτρα του εντόμου από μικρά τριχίδια. Έχει την ικανότητα πτήσης και αποκτά ιδιαίτερη κινητικότητα τις νυχτερινές ώρες. Μπορεί εύκολα να μπερδευτεί εμφανισιακά με το είδος *Stegobium paniceum* (L.) (Κολεόπτερα: Anobiidae), όμως το διαχωρίζουμε από αυτό λόγω των παρακάτω χαρακτηριστικών: Οι κεραίες του *L. serricorne* έχουν οδοντωτό σχηματισμό ενώ του *S. paniceum* χωρίζονται σε τρία επιμέρους τμήματα. Ακόμη, όσον αφορά τα έλυτρα των 2 ειδών διαφοροποιούνται αισθητά, καθώς στο *L. serricorne* καλύπτονται από μία λεία επιφάνεια, σε αντίθεση με τις ραβδώσεις που συναντάμε στο είδος *S. paniceum*. Τα δύο παραπάνω είδη είναι τα μόνα είδη της οικογένειας Anobiidae που έχουν την δυνατότητα να προσβάλλουν αποθηκευμένα προϊόντα (Lapesme, 1944). Ο βιολογικός του κύκλος έχει εύρος διάρκειας 40 έως 100 ημέρες, ανάλογα με την διαθεσιμότητα της τροφής και τις συνθήκες





**Εικόνα 21.** Προνύμφη, πούπα και ενήλικο του είδους *Lasioderma serricorne*.  
(πηγή: <https://www.insectimages.org/browse/detail.cfm?imgnum=1435003>)

του περιβάλλοντος. Τα θηλυκά ενήλικα εναποθέτουν ομάδες των 10 έως 100 αυγών, τα οποία εκκολάπτονται σε 6-10 ημέρες. Η διάρκεια του ενήλικου σταδίου μπορεί να φτάσει και τις 4 εβδομάδες. Η μέγιστη και η ελάχιστη θερμοκρασία ανάπτυξης του είναι 20 και 37 °C, αντίστοιχα. Η ανάπτυξη του εντόμου έχει παρατηρηθεί πως είναι ημιτελής στους 17 °C, ενώ η έκθεση του εντόμου στους 4 °C για 4 συνεχόμενες ημέρες μπορεί να προκαλέσει τον θάνατο του. Η επιτυχία της σύζευξης του συγκεκριμένου είδους εξαρτάται σε πολύ μεγάλο βαθμό από την έκκριση της σεξουαλικής φερομόνης σερνικορνίνη (serricornin) από πλευράς των θηλυκών ατόμων (Chuman et al., 1985). Σε κάθε περίπτωση το *L. serricorne* αποτελεί τον σημαντικότερο εχθρό αποθηκευμένων προϊόντων καπνού, όμως αποτελεί και βασικό εχθρό και άλλων αποθηκευμένων προϊόντων, όπως σιτηρών, ξηρών φρούτων, αλεύρων, κακάο, καφέ, μπαχαρικών, ρυζιού ακόμη αποξηραμένων ζωοτροφών (Ryan, 1999).

#### 1.6.9 *Cryptolestes ferrugineus* (Stephens) (Coleoptera, Cucujidae)

Το μήκος του ενήλικου εντόμου αγγίζει το 1,5 mm με χαρακτηριστικό καστανοκόκκινο χρωματισμό και επιμήκεις κεραίες, ιδιαίτερως στα αρσενικά άτομα. Είναι ένα είδος που συναντάται παγκοσμίως και προτιμά κατά κύριο

λόγω την προσβολή σπερμάτων που έχουν είδη υποστεί σοβαρή ζημιά από άλλα έντομα. Ακόμη, η ζημιογόνος επίδραση του στο προϊόν οφείλεται περισσότερο στα απορρίμματα του, παρά στην προσβολή αυτή καθ' αυτή. Τα θηλυκά ενήλικα άτομα έχουν την δυνατότητα να γεννήσουν από 200 έως 500 αυγά κατά την διάρκεια της ζωής τους, ενώ έχουν δυνατότητα επιβίωσης έως και 9 μήνες.



**Εικόνα 22.** Ενήλικο άτομο *Cryptolestes ferrugineus*  
(πηγή: <http://www.desinsekta.de/leistenkopflattkaefer>)

Έχει παρατηρηθεί πως οι ιδανικές συνθήκες μετάβασης από το στάδιο του αυγού στο στάδιο του ενήλικου μπορεί να διαρκέσει 22 με 24 ημέρες, σε επίπεδα υγρασίας περίπου 15% στο εσωτερικό του σίτου και 32-35 °C (Mason, 2003). Το ενήλικο αλλά και η προνύμφη έχει τάσεις κανιβαλισμού, καταναλώνοντας αυγά και πούμπες του ίδιου είδους (Mason 2003, Suresh et al., 2001). Τέλος, προτιμά κατά κύριο λόγο ήδη αλλοιωμένα προϊόντα αλεύρων και δημητριακών.

#### 1.6.10 *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae)

Το συγκεκριμένο Λεπιδόπτερο διαθέτει χαρακτηριστικές πτέρυγες μήκους 16-26 mm, γκρι αποχρώσεως, με την παρουσία εμφανούς κλίσης στην θέση του σώματος όταν το έντομο βρίσκεται σε ακινησία. Συγχέεται πολλές φορές με το είδος *P. interpunctella*. Η μη έγκυρη αντιμετώπιση του





**Εικόνα 23.** Ενήλικο άτομο *Ephestia kuehniella* με παρατεταμένες πτέρυγες.

(πηγή: <http://mothphotographersgroup.ms-state.edu/species.php?hodges=602>)

συγκεκριμένου είδους μπορεί να προκαλέσει σοβαρό πρόβλημα σε αποθηκευμένα προϊόντα με εξάρσεις πληθυσμών. Αποτελεί βασικό εχθρό αποθηκευμένων σιτηρών, αλεύρων, δημητριακών ακόμη και αρτοσκευασμάτων. Απαντάται σε όλον τον κόσμο, προτιμώντας κατά κύριο λόγο εύκρατα κλίματα. Ο αριθμός των αυγών για κάθε θηλυκό ενήλικο άτομο ανέρχεται σε 100-200, τα οποία εκκολάπτονται σε μόλις λίγες ημέρες. Το έντομο έχει την δυνατότητα ολοκλήρωσης αρκετών βιολογικών κύκλων κάθε χρόνο. Η προνύμφη έχει ένα ροζ υπόλευκο χρώμα και κεφάλι σκούρου χρώματος, ενώ έχει την δυνατότητα να παραμείνει σε διάπαυση έως και ένα χρόνο σε αυτό το στάδιο, εάν οι συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές. Ο βιολογικός κύκλος του εντόμου μπορεί να διαρκέσει από 83 έως και 217 ημέρες, αναλόγως με το είδος της τροφής που λαμβάνει το έντομο, με ιδανικότερη τροφή το αλεύρι καλαμποκιού κατά το προνυμφικό στάδιο (Balachowski, 1972).

#### 1.6.11. *Ephestia elutella* (Hübner) (Lepidoptera, Pyralidae)

Το συγκεκριμένο έντομο διαθέτει πτέρυγες χρώματος γκρι με εμφανή στίγματα και σε πιο έντονο βαθμό από τα είδη *P. interpunctella* και *E. cautella*, με τα οποία πολύ συχνά συγχέεται. επίσης, σε σχέση με αυτά τα δύο είδη, η



**Εικόνα 24.** Ενήλικο άτομο του είδους *Ephestia elutella*.

(πηγή: <http://www.insects.fi/insectimages/browser?order=LEP&-family=Pyralidae&genus=Ephestia&species=elutella>)

*E. elutella* προτιμά λιγότερα θερμά κλίματα. Μπορεί να έχει έως και 3 γενεές ανά έτος. Τα αυγά του συγκεκριμένου εντόμου είναι λευκού χρώματος με ελαφρώς κολλώδη επιφάνεια. Λίγο πριν περάσει το αυγό στο στάδιο της προνύμφης αποκτά σκούρες αποχρώσεις. Προσβάλλει κατά κύριο λόγο αποθηκευμένο κακάο, το οποίο συνήθως προτιμά και για να ωοτοκήσει με συνολικό αριθμό αυγών ανά ενήλικο θηλυκό μεταξύ 150 και 200 αυγά σε όλη την διάρκεια της ζωής του. Εμφανίζεται επίσης σε αποθηκευμένα προϊόντα καπνού και δημητριακών. Το συγκεκριμένο είδος διαχειμάζει στο τελευταίο στάδιο του προνυμφικού σταδίου (Donohoe et al., 1949). Η έξαρση του πληθυσμού του λαμβάνει χώρα μεταξύ Σεπτεμβρίου και Οκτωβρίου, ενώ όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από 13 °C χάνει την ικανότητα πτήσης του. Προτιμά προϊόντα καπνού με χαμηλή περιεκτικότητα νικοτίνης και υψηλό ποσοστό σακχάρων (Σταμόπουλος, 2013).

#### 1.6.12 *Sitotroga cerealella* (Olivier) (Lepidoptera, Gelechiidae)

Το ενήλικο του συγκεκριμένου είδους έχει μήκος σώματος 5-7 mm, είναι χρώματος ανοιχτού καφέ και έχει άνοιγμα πτερύγων 10-16 mm. Εμφανίζεται κατά κύριο λόγο σε θερμότερα κλίματα, ενώ έχει την ικανότητα να προσβάλλει



**Εικόνα 25.** Ενήλικο άτομο του είδους *Sitotroga cerealella* με παρατεταμένες και μη πτέρυγες. (πηγή: [http://www.ekozastita.com/zitni\\_moljac.html](http://www.ekozastita.com/zitni_moljac.html))

προϊόντα σιτηρών, τα οποία δεν έχουν υποστεί ήδη κάποια φθορά πριν και μετά την συγκομιδή. Σε κλίματα όπως αυτό της νοτίου Ευρώπης, το συγκεκριμένο έντομο μπορεί να έχει ακόμα και 5 γενιές, ενώ σε θερμότερα κλίματα μπορεί να παρατηρηθούν ακόμα και 12 γενιές. Τα αυγά των ενηλίκων θηλυκών ατόμων εναποθέτονται είτε μεμονωμένα είτε σε ομάδες στο εξωτερικό μέρος σπόρων των σιτηρών, σε σχισμές που έχουν δημιουργηθεί από κάποιο άλλο έντομο, σε αριθμούς που μπορεί να φθάσουν τα 200 αυγά στο σύνολο της ζωής ενός θηλυκού, αλλά με μέσο όρο περίπου 40 αυγά. Η διάρκεια ζωής του ενηλίκου εντόμου φθάνει τις 15 ημέρες (Mondragon & Almeida, 1988) και ως ιδανική θερμοκρασία για την ανάπτυξη του εντόμου θεωρούνται οι 25 °C. Η μικρότερη θερμοκρασία στην οποία έχει παρατηρηθεί ανάπτυξη του βιολογικού κύκλου είναι οι 16 °C (Evans, 1987) και η μέγιστη οι 35 °C (Dobie et al., 1984).

#### 1.6.13 *Acarus siro* (L.) (Astigmata: Acaridae)

Το συγκεκριμένο άκαρι αποτελεί δευτερεύων εχθρό αποθηκευμένων προϊόντων καθώς δεν έχει την δυνατότητα να προσβάλλει ακέραιους σπόρους (Solomon, 1946). Προσβάλλει κατά κύριο λόγο άλευρα δημητριακών, αλλά έχει διαπιστωθεί η παρουσία του και σε τυροκομικά είδη. Εκτός από τα παραπάνω είδη έχει εντοπιστεί ακόμη και σε φωλιές πτηνών. Το μήκος του

ιδιοσώματος του κυμαίνεται μεταξύ 330-450  $\mu\text{m}$ . Το σώμα του είναι άχρωμο ενώ ο χρωματισμός του γναθοσώματος και των άκρων κυμαίνεται από ανοιχτό ροζ μέχρι και σκούρο κόκκινο. Προκαλεί ζημιές στους σπόρους σιτηρών προκαλώντας αδυναμία βλάστησης. Η ύπαρξη μεγάλου πληθυσμού προκαλεί δυσάρεστες οσμές στο αποθηκευμένο προϊόν και σε συνδυασμό με τα νεκρά άτομα του πληθυσμού στο εσωτερικό του προϊόντος το καθιστά ακατάλληλο για εμπορευματοποίηση, προκαλώντας σοβαρές οικονομικές απώλειες. Μπορεί να επιβιώσει σε πολύ χαμηλές και υψηλές συγκεντρώσεις  $\text{O}_2$ . Η ιδανικότερη θερμοκρασία ανάπτυξης του είναι οι 25 °C και σχεχτική υγρασία 90% (Hughes, 1976)



**Εικόνα 24.** Άκαρι *Acarus siro*

(πηγή: <https://www.animaldermatology.com/tip/19741/Intradermal-Allergy>)

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2**

### **ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

#### **2.1 Είδη εντόμων**

Τα είδη των εντόμων που χρησιμοποιήθηκαν για τις βιοδοκιμές ανήκαν όλα στην τάξη των Κολεόπτερων και ήταν τα παρακάτω: *Sitophilus oryzae*, *Sitophilus granarius*, *Tribolium confusum*, *Tribolium castaneum*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Prostephanus truncates* και *Rhyzopertha dominica*. Όλα τα έντομα που χρησιμοποιήθηκαν πάρθηκαν από τις εκτροφές του εργαστηρίου Εντομολογίας και Γεωργικής Ζωολογίας του Τμήματος Γεωπονίας, Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Η εκτροφή των εντόμων πραγματοποιήθηκε σε θαλάμους ελεγχόμενων συνθηκών, σε θερμοκρασία 25 °C, σχετική υγρασία 55% και συνεχές σκοτάδι.

#### **2.2 Carifend**

Το εντομοπροστατευτικό δίχτυ Carifend είναι εμβαπτισμένο με την δραστική ουσία alpha-cypermethrin σε συγκέντρωση 163,2 mg/m<sup>2</sup>. Η συγκεκριμένη δραστική ουσία ανήκει στην ομάδα των συνθετικών πυρεθρίνων και είναι ευρέως διαδεδομένη στην χρησιμοποίηση της ως εντομοκτόνο για την αντιμετώπιση πολλαπλών ειδών εντόμων και ακάρεων σε διάφορα στάδια ανάπτυξης τους. Κάποιες από τις φυσικοχημικές ιδιότητες της συγκεκριμένης ουσίας είναι το χαμηλό επίπεδο υδατοδιαλυτότητας της και η σχετική πτητικότητα της. Όσον αφορά την τοξικότητα της προς το περιβάλλον και άλλους οργανισμούς, είναι ιδιαιτέρως τοξική προς υδρόβια περιβάλλοντα και οργανισμούς, μέλισσες και κάποια είδη θηλαστικών, ενώ σε αντίθεση φαίνεται πως δεν παρουσιάζει ιδιαίτερη τοξικότητα προς τον άνθρωπο και διάφορα είδη πτηνών. Τέλος, έχει αυξημένη υπολειμματική διάρκεια ενώ έχει αποδειχθεί αποτελεσματική έναντι εντόμων που προσβάλλουν διάφορα αποθηκευμένα προϊόντα.

## 2.3 Πειραματικός σχεδιασμός

Πραγματοποιήθηκαν τρεις σειρές βιοδοκιμών. Σε όλες τις βιοδοκιμές χρησιμοποιήθηκαν πλαστικά τρυβλία Petri (διάμετρος 90mm, ύψος 15mm και 59,4 cm<sup>2</sup> εμβαδό βάσης). Η επιφάνεια του προστατευτικού διχτυού κόπηκε σε κυκλικά σχήματα κατάλληλης διαμέτρου για να επιτευχθεί η προσαρμογή της στα πλαστικά τρυβλία με την χρησιμοποίηση σιλικονούχου κόλλας (Εικόνα 25). Σε μια επιπρόσθετη σειρά τρυβλίων προσαρμόστηκε δίχτυ το οποίο δεν περιείχε εντομοκτόνο και τα οποία χρησιμοποιήθηκαν ως μάρτυρες. Τέλος, ως επιπρόσθετοι μάρτυρες χρησιμοποιήθηκαν καθαρά πλαστικά τρυβλία χωρίς την παρουσία διχτυού στο εσωτερικό τους. Στο εσωτερικό του συνόλου των τρυβλίων τοποθετήσαμε περιμετρικά των τοιχωμάτων fluon (Πολυτετραφθοροαιθυλένιο) (Northern Products, Woonsocket, USA), με σκοπό να εμποδίσουμε την οποιαδήποτε διαφυγή των εντόμων.



**Εικόνα 25.** Δίχτυ Carifend τοποθετημένο σε τρυβλία Petri (διαμέτρου 90 mm).

### 2.3.1 Πρώτη σειρά βιοδοκιμών: Επίδραση μικρών χρονικά εκθέσεων

Κατά την πρώτη σειρά βιοδοκιμών αξιολογήθηκε η επίδραση μικρών χρονικά εκθέσεων στο Carifend στα ενήλικα των ειδών *S. granarius*, *P.*



*truncatus* και *R. dominica*. Συνοπτικά, 20 ενήλικα έντομα ανάμικτου φύλου από κάθε είδος εντόμου εκτέθηκαν για 2, 8 και 24 ώρες στις τρεις μεταχειρίσεις (Carifend, δίκτυ χωρίς εντομοκτόνο, πλαστικό τρυβλίο) και αξιολογήθηκε η θνησιμότητα και το knockdown των εντόμων αμέσως μετά την έκθεση. Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά τρυβλία για κάθε είδος εντόμου. Μετά την έκθεση, τα έντομα που ήταν ακόμα ζωντανά μεταφέρθηκαν σε άδεια καθαρά τρυβλία μαζί με μικρή ποσότητα τροφής (σπασμένοι σπόροι σιταριού για τα *S. granarius* και *R. dominica* και σπασμένοι σπόροι καλαμποκιού για το *P. truncatus*). Στη συνέχεια αξιολογήθηκε η θνησιμότητα και το knockdown των εντόμων μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες (Εικόνα 26). Για κάθε μεταχείριση υπήρχαν 9 επαναλήψεις. Καθ' όλη τη διάρκεια της βιοδοκιμής τα τρυβλία παρέμεναν στον θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών που περιγράφηκε παραπάνω (25 °C, 55% σχετική υγρασία, συνεχές σκοτάδι).



**Εικόνα 26.** Αξιολόγηση της επίδρασης του δίκτυ Carifend μέσω του στερεοσκοπίου Leica MZ12 (Meyer instruments, Huston).

### 2.3.2 Δεύτερη σειρά βιοδοκιμών: Αξιολόγηση της υπολειμματικής διάρκειας

Κατά την δεύτερη σειρά βιοδοκιμών αξιολογήθηκε η υπολειμματική διάρκεια της δράσης του Carifend. Σε αυτές τις βιοδοκιμές χρησιμοποιήθηκαν τα 4 παρακάτω είδη εντόμων: *S. oryzae*, *T. confusum*, *O. surinamensis* και *P. truncatus*. Αρχικά, ετοιμάστηκαν τα τρυβλία για τις τρεις μεταχειρίσεις, όπως

περιγράφηκε επιγραμματικά παραπάνω. Μια σειρά τρυβλίων χρησιμοποιήθηκε αμέσως για την πρώτη βιοδοκιμή (Μήνας 0). Συγκεκριμένα, 20 ενήλικα έντομα από κάθε είδος εντόμου εκτέθηκαν στις τρεις μεταχειρίσεις και καταγράφηκε η θνησιμότητα και το knockdown μετά από 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες. Μια μικρή ποσότητα τροφής προστέθηκε σε κάθε τρυβλίο (σπασμένοι σπόροι σιταριού για τα *S. oryzae*, αλεύρι για το *T. confusum*, νιφάδες βρώμης για το *O. surinamensis* και σπασμένοι σπόροι καλαμποκιού για το *P. truncatus*). Τα υπόλοιπα τρυβλία που είχαν ετοιμαστεί, αποθηκεύτηκαν προσωρινά στο θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών που περιγράφηκε παραπάνω, προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στις επόμενες βιοδοκιμές. Κάθε τέσσερις εβδομάδες επαναλαμβάνονταν η βιοδοκιμή με καινούργια κάθε φορά τρυβλία για διάστημα τριών μηνών (Μήνας 1, 2 και 3, 4 συνολικά σειρές βιοδοκιμών). Όπως και παραπάνω, για κάθε μεταχείριση υπήρχαν 9 επαναλήψεις, ενώ καθ' όλη τη διάρκεια της βιοδοκιμής τα τρυβλία παρέμεναν σε θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών (25 °C, 55% σχετική υγρασία, συνεχές σκοτάδι).

### 2.3.3 Τρίτη σειρά βιοδοκιμών: Αξιολόγηση της επίδραση της επανέκθεσης

Κατά την τρίτη σειρά βιοδοκιμών αξιολογήθηκε η επίδραση της επανέκθεσης των εντόμων για μικρά χρονικά διαστήματα στο Carifend . Στη συγκεκριμένη σειρά βιοδοκιμών χρησιμοποιήθηκαν τα είδη *S. oryzae*, *O. surinamensis* και *T. confusum*. Ο πειραματικός σχεδιασμός αυτής της σειράς βιοδοκιμών ήταν παρόμοιος με αυτόν που περιγράφηκε παραπάνω, με τη διαφορά ότι σε αυτές τις βιοδοκιμές γινόταν επανέκθεση των εντόμων για 5, 15 και 30 λεπτά για τρεις συνεχόμενες ημέρες. Μετά την ολοκλήρωση των εκθέσεων μετρήθηκε η θνησιμότητα και το knockdown για κάθε είδος εντόμου. Στη συνέχεια, τα έντομα που ήταν ακόμα ζωντανά μεταφέρθηκαν σε άδεια καθαρά τρυβλία μαζί με μικρή ποσότητα τροφής (σπασμένοι σπόροι σιταριού για το *S. oryzae*, αλεύρι για το *T. confusum*, νιφάδες βρώμης για το *O. surinamensis*). Στη συνέχεια αξιολογήθηκε η θνησιμότητα και το knockdown των εντόμων μετά από 1, 3, 5 και 7 ημέρες. Για κάθε μεταχείριση υπήρχαν 9 επαναλήψεις. Καθ' όλη τη διάρκεια της βιοδοκιμής τα τρυβλία παρέμεναν



στον θάλαμο ελεγχόμενων συνθηκών που περιγράφηκε παραπάνω (25 °C, 55% σχετική υγρασία, συνεχές σκοτάδι).

## **2.4 Στατιστική ανάλυση**

Επειδή γινόταν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις της θνησιμότητας και των ποσοστών knockdown στα ίδια τρυβλία Petri, οι μέσοι όροι αναλύθηκαν με τη μέθοδο της ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated measures MANOVA). Ο χρόνο έκθεσης χρησιμοποιήθηκε σαν επαναλαμβανόμενος παράγοντας ενώ η μεταχείριση και το διάστημα έκθεσης ήταν οι κύριοι παράγοντες στην πρώτη και την τρίτη σειρά βιοδοκιμών, και η μεταχείριση και το διάστημα αποθήκευσης στην δεύτερη σειρά βιοδοκιμών. Επιπρόσθετα, στην πρώτη σειρά βιοδοκιμών οι μέσοι όροι ξεχωριστά για τη θνησιμότητα και το knockdown για κάθε είδος εντόμου, μεταχείριση (μάρτυρας χωρίς δίχτυ, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend) και διάστημα μετά την έκθεση (Ημέρα 1, 3, 5 και 7), υποβλήθηκαν σε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), προκειμένου να εντοπιστούν οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών χρόνων έκθεσης (2, 8 και 24 ώρες). Στην δεύτερη σειρά βιοδοκιμών, οι μέσοι όροι θνησιμότητας ή knockdown για κάθε είδος εντόμου, διάστημα έκθεσης (Ημέρα 1, 3, 5 και 7) και αποθήκευσης μετά την έκθεση (Ημέρα 1, 3, 5, 7 και 14), υποβλήθηκαν σε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), προκειμένου να εντοπιστούν οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών μεταχειρίσεων (μάρτυρας χωρίς δίχτυ, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend). Στην τρίτη σειρά βιοδοκιμών οι μέσοι όροι θνησιμότητας ή knockdown για κάθε είδος εντόμου και διάστημα επανέκθεσης (5, 15 και 30 λεπτά για τρεις συνεχόμενες ημέρες) υποβλήθηκαν σε ανάλυση διακύμανσης (ANOVA), προκειμένου να εντοπιστούν οι διαφορές μεταξύ των διαφορετικών επανεκθέσεων. Σε όλες τις περιπτώσεις, οι πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων όρων έγιναν σύμφωνα με το κριτήριο Tukey-Kramer HSD σε επίπεδο σημαντικότητας 5% ( $P < 0.05$ ). Η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του στατιστικού πακέτου JMP 8 (SAS Institute Inc., Cary, North Carolina, USA).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 3.1 Αποτελέσματα πρώτης σειράς βιοδοκιμών

##### 3.1.1 *Sitophilus granarius*

Η επίδραση όλων των μεταβλητών (μεταχείριση, διάστημα έκθεσης και χρόνος μετά την έκθεση), καθώς και όλων των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μεταβλητών στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *S. granarius* που εκτέθηκαν για 2, 8 και 24 ώρες σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend αμέσως μετά την έκθεση και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την έκθεση ήταν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικώς σημαντική (Πίνακας 1). Τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *S. granarius* μετά από έκθεση στο Carifend για 2, 8 και 24 ώρες παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Και στους δύο μάρτυρες τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown αμέσως μετά την έκθεση ήταν χαμηλά και δεν ξεπέρασαν το 1,1%, ακόμα και μετά από την μεγαλύτερη έκθεση (24 ώρες) (Πίνακας 2). Μετά από 24 ώρες έκθεσης στο Carifend, τα μισά σχεδόν *S. granarius* ήταν ημιθανή (51,1%), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό θνησιμότητας ήταν μηδενικό (Πίνακας 2). Μία ημέρα μετά την έκθεση για 2, 8 και 24 ώρες στο Carifend τα περισσότερα έντομα ήταν ημιθανή (ποσοστό knockdown μεταξύ 82,8 και 87,2%), ενώ η θνησιμότητα κυμάνθηκε μεταξύ 4,4 και 12,8%, αντίστοιχα (Πίνακας 2). Η θνησιμότητα πήρε τη μέγιστη τιμή της 7 ημέρες μετά το πέρας των εκθέσεων και ανήλθε 61,6, 64,4 και 72,2% για την έκθεση των 2, 8 και 24 ωρών, αντίστοιχα (Πίνακας 2).

##### 3.1.2 *Prostephanus truncatus*

Όπως για το *S. granarius*, στην περίπτωση του *P. truncatus* η επίδραση όλων των μεταβλητών (μεταχείριση, διάστημα έκθεσης και χρόνος μετά την έκθεση), καθώς και όλων των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των μεταβλητών στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων ατόμων που εκτέθηκαν για 2, 8 και 24 ώρες στις τρεις μεταχειρίσεις (πλαστικό τρυβλίο, δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και Carifend) αμέσως μετά και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την έκθεση ήταν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικώς σημαντική (Πίνακας 1). Και

**Πίνακας 1.** Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated measures MANOVA) για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown ενηλίκων των *Sitophilus granarius*, *Prostephanus truncatus* και *Rhyzopertha dominica*, που εκτέθηκαν για 2, 8 και 24 ώρες (Διάστημα έκθεσης) σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (Μεταχείριση) αμέσως μετά και 1, 3, 5 και 7 ημέρες (Χρόνος μετά την έκθεση) μετά την έκθεση (για όλα τα είδη error df = 160).

Πηγή παραλλακτικότητας	<i>S. granarius</i>					<i>P. truncatus</i>				<i>R. dominica</i>			
	Θνησιμότητα			Knockdown		Θνησιμότητα		Knockdown		Θνησιμότητα		Knockdown	
	df	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
<i>Μεταξύ μεταβλητών</i>	8	2350.4	<0.001	6128.0	<0.001	3131.1	<0.001	2572.8	<0.001	205.6	<0.001	2760.0	<0.001
Τιμή αποκοπής	1	10382.3	<0.001	24958.7	<0.001	1363	<0.001	11325.0	<0.001	9056.	<0.001	11890.0	<0.001
Μεταχείριση	2	9250.9	<0.001	24471.0	<0.001	1231	<0.001	10093.2	<0.001	7826.7	<0.001	10530.0	<0.001
Διάστημα έκθεσης	2	42.2	<0.001	15.89	<0.001	78.30	<0.001	64.56	<0.001	131.0	<0.001	170.8	<0.001
Μεταχείριση x Διάστημα έκθεσης	4	54.2	<0.001	12.54	<0.001	67.76	<0.001	66.69	<0.001	132.0	<0.001	171.3	<0.001
<i>Μέσα στις μεταβλητές</i>	24	31.7*	<0.001	31.41*	<0.001	54.05*	<0.001	72.48*	<0.001	56.0*	<0.001	50.07*	<0.001
Χρόνος μετά την έκθεση	3	1066.9	<0.001	656.53	<0.001	2577.0	<0.001	2516.5	<0.001	1433.	<0.001	1014.5	<0.001
Χρόνος μετά την έκθεση x Μεταχείριση	6	186.2*	<0.001	154.8*	<0.001	303.0*	<0.001	342.7*	<0.001	222.5*	<0.001	201.3*	<0.001
Χρόνος μετά την έκθεση x Διάστημα έκθεσης	6	0.48*	<0.001	5.51*	<0.001	5.18*	<0.001	8.33*	<0.001	29.51*	<0.001	22.8*	<0.001
Χρόνος μετά την έκθεση x Μεταχείριση x Διάστημα έκθεσης	12	0.69*	<0.001	4.69*	<0.001	4.22*	<0.001	6.45*	<0.001	21.8*	<0.001	18.4*	<0.001

\* Wilks' Lamda approximate F value

**Πίνακας 2.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus granarius*, *Prostephanus truncatus* και *Rhyzopertha dominica* αμέσως μετά από έκθεση για 2, 8 και 24 ώρες σε πλαστικό τρυβλίο (Μάρτυρας χωρίς δίχτυ), σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (n=9).

Έκθεση / Μεταχείριση	<i>S. granarius</i>		<i>P. truncatus</i>		<i>R. dominica</i>	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<i>Μάρτυρας χωρίς δίχτυ</i>						
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
8 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7
24 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6
F	-	-	-	-	0.50	1.09
P	-	-	-	-	0.612	0.352
<i>Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο</i>						
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
8 ώρες	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.0 $\pm$ 0.0
24 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6
F	1.0	1.0	-	-	0.50	1.0
P	0.382	0.382	-	-	0.612	0.382
<i>Carifend</i>						
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	17.2 $\pm$ 0.8 B	0.0 $\pm$ 0.0 b	28.9 $\pm$ 1.3 C	0.6 $\pm$ 0.6 b	28.3 $\pm$ 1.1 C
8 ώρες	0.6 $\pm$ 0.6	51.1 $\pm$ 0.7 A	0.0 $\pm$ 0.0 b	59.4 $\pm$ 1.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 b	60.0 $\pm$ 1.1 B
24 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	17.2 $\pm$ 0.8 B	10.6 $\pm$ 0.6 a	87.7 $\pm$ 1.2 A	11.1 $\pm$ 1.1 a	80.6 $\pm$ 1.7 A
F	1.0	551.25	361.0	591.64	60.16	354.05
P	0.382	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Για κάθε είδος εντόμου και μεταχείριση (μάρτυρας χωρίς δίχτυ, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend) και μέσα σε κάθε στήλη, μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Ομοίως, για κάθε μεταχείριση και μέσα σε κάθε στήλη, μέσοι όροι knockdown που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσω όρων.

**Πίνακας 3.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus granarius* που εκτέθηκαν για 2, 8 και 24 ώρες σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την έκθεση (σε όλες τις περιπτώσεις βαθμοί ελευθερίας df = 26).

Έκθεση / Μεταχείριση	Ημέρα 1		Ημέρα 3		Ημέρα 5		Ημέρα 7	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<i>Μάρτυρας χωρίς δίχτυ</i>								
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.8	0.0 $\pm$ 0.0
8 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0
24 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0
F	-	-	1.0	2.20	0.0	0.50	0.17	-
P	-	-	0.382	0.123	1.0	0.612	0.841	-
<i>Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο</i>								
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 0.9	0.6 $\pm$ 0.6
8 ώρες	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0
24 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6
F	1.0	1.0	1.0	0.50	0.22	-	0.66	0.50
P	0.382	0.382	0.382	0.612	0.802	-	0.522	0.612
<i>Carifend</i>								
2 ώρες	4.4 $\pm$ 1.0 b	85.0 $\pm$ 1.7	18.9 $\pm$ 1.1 b	78.3 $\pm$ 1.9 a	38.3 $\pm$ 0.8 c	61.6 $\pm$ 0.9 a	61.6 $\pm$ 1.4 b	38.3 $\pm$ 1.4 a
8 ώρες	6.1 $\pm$ 1.4 b	82.8 $\pm$ 1.9	22.2 $\pm$ 0.9 b	76.6 $\pm$ 1.1 ab	41.6 $\pm$ 0.8 b	57.7 $\pm$ 1.2 b	64.4 $\pm$ 1.0 b	35.6 $\pm$ 1.0 a
24 ώρες	12.8 $\pm$ 0.9 a	87.2 $\pm$ 0.8	27.2 $\pm$ 0.9 a	72.7 $\pm$ 0.9 b	45.0 $\pm$ 0.8 a	55.0 $\pm$ 0.9 b	72.2 $\pm$ 0.9 a	27.8 $\pm$ 0.9 b
F	15.75	2.0	19.0	4.32	16.0	11.78	23.28	23.28
P	<0.01	0.146	<0.01	0.024	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Για κάθε μεταχείριση (πλαστικό τρυβλίο, δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend) και διάστημα μετά την έκθεση (1, 3, 5 και 7 ημέρες), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Ομοίως για κάθε μεταχείριση και διάστημα μετά την έκθεση μέσα σε κάθε στήλη, μέσοι όροι knockdown που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσω όρων.

**Πίνακας 4.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Prostephanus truncatus* που εκτέθηκαν για 2, 8 και 24 ώρες σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίκτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την έκθεση (σε όλες τις περιπτώσεις βαθμοί ελευθερίας df = 26).

Έκθεση / Μεταχείριση	Ημέρα 1		Ημέρα 3		Ημέρα 5		Ημέρα 7	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<i>Μάρτυρας χωρίς δίκτυ</i>								
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	3.3 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7
8 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 1.1	0.6 $\pm$ 0.6
24 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.8
F	-	-	1.09	1.09	0.0	1.33	0.07	0.60
P	-	-	0.352	0.352	1.0	0.282	0.931	0.556
<i>Δίκτυ χωρίς εντομοκτόνο</i>								
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 0.9	1.6 $\pm$ 1.1	1.7 $\pm$ 0.8
8 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7
24 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.7 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7
F	-	-	1.14	2.28	0.0	1.21	0.08	0.17
P	-	-	0.335	0.123	1.0	0.313	0.917	0.841
<i>Carifend</i>								
2 ώρες	10.6 $\pm$ 0.6 b	84.4 $\pm$ 1.3 a	28.3 $\pm$ 0.8 b	71.6 $\pm$ 0.8 a	60.6 $\pm$ 1.0 c	39.4 $\pm$ 1.0 a	95.0 $\pm$ 1.1 b	5.0 $\pm$ 1.1 a
8 ώρες	11.1 $\pm$ 0.7 b	83.3 $\pm$ 0.8 a	30.0 $\pm$ 0.8 b	70.0 $\pm$ 0.8 a	65.6 $\pm$ 1.3 b	34.4 $\pm$ 1.3 b	97.2 $\pm$ 1.2 ab	2.7 $\pm$ 1.2 ab
24 ώρες	23.8 $\pm$ 1.1 a	76.1 $\pm$ 1.1 b	45.6 $\pm$ 1.0 a	54.4 $\pm$ 1.0 b	77.2 $\pm$ 1.4 a	22.7 $\pm$ 1.4 c	100.0 $\pm$ 0.0 a	0.0 $\pm$ 0.0 b
F	81.92	16.93	113.16	113.16	45.14	45.14	6.59	6.59
P	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Για κάθε μεταχείριση (πλαστικό τρυβλίο, δίκτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend) και διάστημα μετά την έκθεση (1, 3, 5 και 7 ημέρες), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Ομοίως για κάθε μεταχείριση και διάστημα μετά την έκθεση μέσα σε κάθε στήλη, μέσοι όροι knockdown που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσω όρων.

στους δύο μάρτυρες τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown αμέσως μετά την έκθεση ήταν μηδενικά, ενώ τα ποσοστά knockdown αμέσως μετά την έκθεση στο Carifend ανήλθαν σε 28,9, 59,4 και 87,7% για την έκθεση των 2, 8 και 24 ωρών, αντίστοιχα (Πίνακας 2). Όσον αφορά στην καθυστερημένη επίδραση, το μεγαλύτερο ποσοστό των ατόμων (76,1-84,4%) ήταν ημιθανή 1 ημέρα μετά την έκθεση στο Carifend, ενώ τα ποσοστά θνησιμότητας ήταν χαμηλά και έφτασαν το 10,6, 11,1 και 23,8% 1 ημέρα μετά από έκθεση για 2, 8 και 24 ώρες, αντίστοιχα (Πίνακας 4). Όσο μεγάλωνε ο χρόνος μετά την έκθεση, αυξάνονταν τα ποσοστά της θνησιμότητας, ενώ μειώνονταν τα ποσοστά των ημιθανών ατόμων, αντίστοιχα (καθώς οδηγούνταν στον θάνατο. Συγκεκριμένα, επτά ημέρες μετά την έκθεση τα ποσοστά knockdown μειώθηκαν (5,0, 2,7 και 0,0% μετά από έκθεση 2, 8 και 24 ωρών, αντίστοιχα), αφού το μεγαλύτερο μέρος των ημιθανών ατόμων πέθαναν λόγω της έκθεσης, ενώ η θνησιμότητα άγγιξε το 95,0 και 97,2% για την έκθεση των 2 και 8 ωρών, ενώ ήταν πλήρης (100,0%) στην περίπτωση της έκθεσης των 24 ωρών (Πίνακας 4).

### 3.1.3 *Rhyzopertha dominica*

Όλες οι μεταβλητές (μεταχείριση, διάστημα έκθεσης και χρόνος μετά την έκθεση) και οι αλληλεπιδράσεις τους είχαν στατιστικώς σημαντική επίδραση στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *R. dominica* (Πίνακας 1). Τόσος την περίπτωση του πλαστικού τρυβλίου, όσο και στη περίπτωση του διχτυού χωρίς εντομοκτόνο (μάρτυρες), τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown αμέσως μετά την έκθεση αλλά και 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την έκθεση ήταν χαμηλά και δεν ξεπέρασαν το 2,2% (Πίνακες 2 και 5). Όσον αφορά στα έντομα που εκτέθηκαν στο Carifend, το ποσοστό των εντόμων που ήταν ημιθανή ήταν υψηλά αμέσως μετά την έκθεση και ιδιαίτερα μετά την έκθεση των 8 (60,0%) και 24 ωρών (80,6%), για να μειωθούν μετά από 5 (43,9, 54,4 και 25,6% μετά από έκθεση 2, 8 και 24 ωρών, αντίστοιχα) και 7 ημέρες (8,9, 27,8 και 1,6% μετά από έκθεση 2, 8 και 24 ωρών, αντίστοιχα) μετά την έκθεση (Πίνακας 5), καθώς τα αρχικώς ημιθανή άτομα

**Πίνακας 5.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Rhyzopertha dominica* που εκτέθηκαν για 2, 8 και 24 ώρες σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την έκθεση (σε όλες τις περιπτώσεις βαθμοί ελευθερίας df = 26).

Έκθεση / Μεταχείριση	Ημέρα 1		Ημέρα 3		Ημέρα 5		Ημέρα 7	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<i>Μάρτυρας χωρίς δίχτυ</i>								
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 0.9	1.1 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.8
8 ώρες	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 1.1	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.8
24 ώρες	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7
F	0.50	1.09	0.41	0.0	0.46	0.0	0.0	0.16
P	0.612	0.352	0.665	1.0	0.635	1.0	1.0	0.853
<i>Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο</i>								
2 ώρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 0.8	0.6 $\pm$ 0.6
8 ώρες	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7
24 ώρες	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7
F	1.14	2.28	0.22	0.17	0.17	0.17	0.16	0.22
P	0.335	0.123	0.802	0.841	0.841	0.841	0.853	0.802
<i>Carifend</i>								
2 ώρες	7.2 $\pm$ 0.8 c	91.1 $\pm$ 1.6 a	26.1 $\pm$ 0.7 c	73.9 $\pm$ 0.7 a	56.1 $\pm$ 1.1 b	43.9 $\pm$ 1.1 b	91.1 $\pm$ 0.7 b	8.9 $\pm$ 0.7 b
8 ώρες	17.2 $\pm$ 1.2 b	81.1 $\pm$ 1.8 b	33.3 $\pm$ 1.1 b	66.6 $\pm$ 1.1 b	45.6 $\pm$ 1.0 c	54.4 $\pm$ 1.0 a	72.2 $\pm$ 1.4 c	27.8 $\pm$ 1.4 a
24 ώρες	23.9 $\pm$ 1.6 a	75.6 $\pm$ 1.8 b	52.7 $\pm$ 0.8 a	47.2 $\pm$ 0.9 c	74.4 $\pm$ 1.3 a	25.6 $\pm$ 1.3 c	98.3 $\pm$ 0.8 a	1.6 $\pm$ 0.8 c
F	43.42	20.64	211.31	211.31	162.90	162.90	160.63	160.63
P	<0.001	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

Για κάθε μεταχείριση (πλαστικό τρυβλίο, δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend) και διάστημα μετά την έκθεση (1, 3, 5 και 7 ημέρες), μέσοι όροι θνησιμότητας που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Ομοίως για κάθε μεταχείριση και διάστημα μετά την έκθεση μέσα σε κάθε στήλη, μέσοι όροι knockdown που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσω όρων.



οδηγούνταν προς τον θάνατο. Αντίστοιχα, τα ποσοστά θνησιμότητας των ενηλίκων *R. dominica* αυξάνονταν με το πέρασμα του χρόνου μετά την έκθεση στο Carifend, καθώς ήταν στην αρχή χαμηλά 1 ημέρα μετά την έκθεση (7,2, 17,2 και 23,9% μετά από έκθεση 2, 8 και 24 ωρών, αντίστοιχα) ενώ πήραν τη μέγιστη τιμή τους 7 ημέρες μετά την έκθεση (91,1, 72,2 και 98,3% μετά από έκθεση 2, 8 και 24 ωρών, αντίστοιχα) (Πίνακας 5).

### 3.2 Αποτελέσματα δεύτερης σειράς βιοδοκιμών

#### 3.2.1 *Sitophilus oryzae*

Στη δεύτερη σειρά βιοδοκιμών, η επίδραση όλων των μεταβλητών και των αλληλεπιδράσεων τους στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *S. oryzae* παρουσιάζεται στον Πίνακα 6. Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση το διάστημα αποθήκευσης των τρυβλίων δεν επηρέασε την αποτελεσματικότητα του Carifend (Πίνακας 6). Τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *S. oryzae* μετά από 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες έκθεσης στους μάρτυρες (πλαστικό τρυβλίο, τρυβλίο με δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο) και στο Carifend μετά από αποθήκευση για 0, 1, 2 και 3 μήνες παρουσιάζονται στον Πίνακα 7. Γενικά, η θνησιμότητα στους μάρτυρες ήταν χαμηλή σε όλες τις βιοδοκιμές και δεν ξεπέρασε το 2,2% ακόμα και στο τέλος της κάθε βιοδοκιμής (Ημέρα 14) (Πίνακας 7). Αντίθετα, η θνησιμότητα μετά από έκθεση στο Carifend στην πρώτη βιοδοκιμή (Μήνας 0) έφτασε το 39,4, 75,6, 91,1, 98,9 και 100,0% μετά από 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες, αντίστοιχα και ήταν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικώς σημαντικά μεγαλύτερη από την αντίστοιχη θνησιμότητα που καταγράφηκε στους μάρτυρες (Πίνακας 7). Παραπλήσια ποσοστά θνησιμότητας καταγράφηκαν και τους επόμενους μήνες, ακόμα και μετά από 3 μήνες αποθήκευση των τρυβλίων (43,3, 72,7, 72,7, 99,4 και 100,0% μετά από 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες, αντίστοιχα), αποδεικνύοντας ότι η αποθήκευση του Carifend δεν επηρεάζει την αποτελεσματικότητά του, τουλάχιστον για τα διαστήματα αποθήκευσης που εξετάστηκαν (Πίνακας 7). Τα ποσοστά knockdown μειώνονταν με την αύξηση του χρόνου έκθεσης, καθώς τα ημιθανή άτομα πέθαιναν εξαιτίας της έκθεσης στο Carifend και έφθασαν τον πρώτο μήνα το 60,6, 24,5, 8,9, 1,1 και 0,0% μετά από 1, 3, 5, 7

**Πίνακας 6.** Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated measures MANOVA) για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown ενηλίκων των *Sitophilus oryzae* και *Prostephanus truncatus*, μετά από έκθεση για 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες (διαστήματα έκθεσης) σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (μεταχείριση) μετά από αποθήκευση για 0, 1, 2 και 3 μήνες (διαστήματα αποθήκευσης) [και για τα δύο είδη εντόμου βαθμοί ελευθερίας του λάθους (error df) = 95].

Πηγή παραλλακτικότητας	<i>S. oryzae</i>					<i>P. truncatus</i>			
	Θνησιμότητα			Knockdown		Θνησιμότητα		Knockdown	
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Μεταξύ μεταβλητών</i>	12	1708.6	<0.001	489.8	<0.001	8078.8	<0.001	1794.2	<0.001
Τιμή αποκοπής	-	-	-	-	-				
Διάστημα αποθήκευσης	3	1.1	0.348	0.61	0.606	0.7	0.551	1.09	0.353
Μεταχείριση	-	-	-	-	-				
Διάστημα αποθήκευσης x Μεταχείριση	6	1.3	0.248	1.2	0.296	1.1	0.355	0.9	0.494
<i>Μέσα στις μεταβλητές</i>	48	18.6*	<0.001	20.4*	<0.001	25.4*	<0.001	29.3*	<0.001
Χρόνος μετά την έκθεση	-	-	-	-	-				
Χρόνος μετά την έκθεση x Διάστημα αποθήκευσης	12	0.7*	0.675	0.8*	0.623	1.71*	0.065	1.4*	0.129
Χρόνος μετά την έκθεση x Μεταχείριση		-	-	-	-				
Χρόνος μετά την έκθεση x Διάστημα αποθήκευσης x Μεταχείριση	24	0.9*	0.493	1.5	0.041	1.02*	0.428	1.5*	0.043

\* Wilks' Lamda approximate *F* value.

**Πίνακας 7.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus oryzae* που εκτέθηκαν για 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend μετά από 0, 1, 2 και 3 μήνες αποθήκευσης των τρυβλίων ( $n = 9$ ).

Έκθεση/ Διάστημα αποθήκευσης	Μάρτυρας (χωρίς δίχτυ)		Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο		Carifend	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<b>Μήνας 0</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	39.4 $\pm$ 1.5 A	60.6 $\pm$ 1.5 A
Ημέρα 3	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	75.6 $\pm$ 1.0 A	24.5 $\pm$ 1.0 A
Ημέρα 5	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	91.1 $\pm$ 1.1 A	8.9 $\pm$ 1.1 Aa
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	98.9 $\pm$ 0.7 A	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.1 $\pm$ 0.7	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 1</b>						
Ημέρα 1	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	39.5 $\pm$ 1.0 A	60.6 $\pm$ 1.0 A
Ημέρα 3	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	1.1 $\pm$ 0.7 B	74.5 $\pm$ 1.5 A	25.0 $\pm$ 1.4 A
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	90.6 $\pm$ 1.3 A	9.5 $\pm$ 1.3 Aa
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.6 $\pm$ 0.8	98.9 $\pm$ 0.7 A	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.1 $\pm$ 0.7	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 2</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	41.1 $\pm$ 1.6 A	58.9 $\pm$ 1.6 A
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	76.1 $\pm$ 1.3 A	23.9 $\pm$ 1.4 A
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	1.1 $\pm$ 0.7 B	91.6 $\pm$ 0.8 A	8.3 $\pm$ 0.8
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	98.9 $\pm$ 0.7 A	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 0.9 B	0.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 3</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	43.3 $\pm$ 2.2 A	57.2 $\pm$ 2.3 A
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	72.7 $\pm$ 1.6 A	27.2 $\pm$ 1.6 A
Ημέρα 5	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6 B	1.6 $\pm$ 0.8	72.7 $\pm$ 13.8 A	3.9 $\pm$ 1.6 b
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6 B	1.6 $\pm$ 0.8	99.4 $\pm$ 0.6 A	0.6 $\pm$ 0.6
Ημέρα 14	2.2 $\pm$ 0.8 B	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0

Για κάθε χρονικό διάστημα έκθεσης και διάστημα αποθήκευσης, μέσοι όροι (ξεχωριστά για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown) που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Ομοίως, για κάθε μεταχείριση και χρονικό διάστημα έκθεσης, μέσοι όροι (ξεχωριστά για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown) που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

και 14 ημέρες, αντίστοιχα (Πίνακας 7). Παρόμοια ποσοστά knockdown καταγράφηκαν και τους επόμενους μήνες αποθήκευσης.

### 3.2.2 *Prostephanus truncatus*

Όπως και στην περίπτωση του *S. oryzae*, το διάστημα αποθήκευσης των τρυβλίων δεν επηρέασε τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *P. truncatus* μετά την έκθεση στο Carifend (Πίνακα 6). Τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *P. truncatus* μετά από έκθεση στους μάρτυρες και στο Carifend μετά από τεσσάρων μηνών αποθήκευση παρουσιάζονται στον Πίνακα 8. Σε όλες τις βιοδοκιμές, δεν καταγράφηκε υψηλή θνησιμότητα στους μάρτυρες (<2,7%) (Πίνακας 8). Όσον αφορά στην έκθεση στο Carifend, τόσο στην πρώτη βιοδοκιμή (Μήνας 0) όσο και στις υπόλοιπες (μήνες 1, 2, 3 και 4), η θνησιμότητα ήταν πλήρης (100,0%) μετά από 7 ημέρες έκθεση στο δίχτυ (Πίνακας 8). Τα ποσοστά knockdown μειώνονταν με την αύξηση του χρόνου έκθεσης, καθώς τα ημιθανή άτομα πέθαιναν εξαιτίας της έκθεσης στο Carifend και έφθασαν τον δεύτερο μήνα το 73,3, 50,0, 20,6, 0,0 και 0,0% μετά από 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες, αντίστοιχα (Πίνακας 8). Παρόμοια ποσοστά knockdown καταγράφηκαν και στις επόμενες βιοδοκιμές.

### 3.2.3 *Tribolium confusum*

Η επίδραση όλων των μεταβλητών και των αλληλεπιδράσεων τους στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *T. confusum* παρουσιάζονται στον Πίνακα 9. Σύμφωνα με την στατιστική ανάλυση το διάστημα αποθήκευσης των τρυβλίων δεν επηρέασε την αποτελεσματικότητα του Carifend εναντίον του *T. confusum* (Πίνακας 9). Τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *T. confusum* μετά από 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες έκθεσης στους μάρτυρες (πλαστικό τρυβλίο, τρυβλίο με δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο) και στο Carifend μετά από αποθήκευση για 0, 1, 2 και 3 μήνες παρουσιάζονται στον Πίνακα 10. Η θνησιμότητα στους μάρτυρες ήταν σχεδόν μηδενική (Πίνακας 10). Αναφορικά με το Carifend, η θνησιμότητα και τα ποσοστά knockdown μετά την έκθεση κινήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα, ιδιαίτερα τις πέντε πρώτες ημέρες της βιοδοκιμής (Ημέρα 1, 3 και 5) (Πίνακας

**Πίνακας 8.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Prostephanus truncatus* που εκτέθηκαν για 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend μετά από 0, 1, 2 και 3 μήνες αποθήκευσης των τρυβλίων (n = 9).

Έκθεση/ Διάστημα αποθήκευσης	Μάρτυρας (χωρίς δίχτυ)		Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο		Carifend	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<b>Μήνας 0</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	25.6 $\pm$ 1.0 A	38.7 $\pm$ 5.2 A
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	48.3 $\pm$ 1.6 A	51.6 $\pm$ 1.6 A
Ημέρα 5	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	76.6 $\pm$ 0.8 Aab	27.8 $\pm$ 0.9 Aab
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 1</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	26.7 $\pm$ 1.6 A	73.3 $\pm$ 1.6 A
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	50.0 $\pm$ 1.6 A	50.0 $\pm$ 1.6 A
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	79.5 $\pm$ 1.3 Aa	20.6 $\pm$ 1.3 Ab
Ημέρα 7	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 14	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 2</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	26.1 $\pm$ 1.6 A	73.9 $\pm$ 1.6 A
Ημέρα 3	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	50.0 $\pm$ 1.1 A	50.0 $\pm$ 1.1 A
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	75.0 $\pm$ 1.5 Aab	25.0 $\pm$ 1.5 Aab
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 3</b>						
Ημέρα 1	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	27.2 $\pm$ 1.9 A	72.8 $\pm$ 1.8 A
Ημέρα 3	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	50.0 $\pm$ 1.4 A	50.0 $\pm$ 1.4 A
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	72.8 $\pm$ 1.5 Ab	27.2 $\pm$ 1.5 Aa
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.6 $\pm$ 0.8	2.7 $\pm$ 0.9 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0

Για κάθε χρονικό διάστημα έκθεσης και διάστημα αποθήκευσης, μέσοι όροι (ξεχωριστά για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown) που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Ομοίως, για κάθε μεταχείριση και χρονικό διάστημα έκθεσης, μέσοι όροι ξεχωριστά για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown) που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 9.** Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated measures MANOVA) για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown ενηλίκων των *Tribolium confusum* και *Oryzaephilus surinamensis*, μετά από έκθεση για 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες (διαστήματα έκθεσης) σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (μεταχείριση) μετά από αποθήκευση για 0, 1, 2 και 3 μήνες (διαστήματα αποθήκευσης) [και για τα δύο είδη εντόμου βαθμοί ελευθερίας του λάθους (error df) = 95].

Πηγή παραλλακτικότητας	<i>T. confusum</i>					<i>O. surinamensis</i>			
	Θνησιμότητα			Knockdown		Θνησιμότητα		Knockdown	
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
<i>Μεταξύ μεταβλητών</i>	12	922.3	<0.001	322.6	<0.001	30484.3	<0.001	121.07	<0.001
Τιμή αποκοπής	-	-	-	-	-				
Διάστημα αποθήκευσης	3	0.3	0.8073	0.09	0.964	9.5	<0.001	6.1	<0.001
Μεταχείριση	-	-	-	-	-				
Διάστημα αποθήκευσης x Μεταχείριση	6	0.5	0.7367	0.1	0.991	9.5	<0.001	9.3	<0.001
<i>Μέσα στις μεταβλητές</i>	48	23.2	<0.001	12.5	<0.001	13.8*	<0.001	16.6	<0.001
Χρόνος μετά την έκθεση	-	-	-	-	-				
Χρόνος μετά την έκθεση x Διάστημα αποθήκευσης	12	1.4	0.1615	0.5	0.876	3.4*	<0.001	5.5	<0.001
Χρόνος μετά την έκθεση x Μεταχείριση	-	-	-	-	-				
Χρόνος μετά την έκθεση x Διάστημα αποθήκευσης x Μεταχείριση	24	0.8	0.7065	0.7	0.813	2.7*	<0.001	4.7	<0.001

\* Wilks' Lamda approximate *F* value.

**Πίνακας 10.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Tribolium confusum* που εκτέθηκαν για 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίκτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend μετά από 0, 1, 2 και 3 μήνες αποθήκευσης των τρυβλίων (n = 9).

Έκθεση/ Διάστημα αποθήκευσης	Μάρτυρας (χωρίς δίκτυ)		Δίκτυ χωρίς εντομοκτόνο		Carifend	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<b>Μήνας 0</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	3.9 $\pm$ 0.7 A
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6	19.4 $\pm$ 1.7 A
Ημέρα 5	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	1.1 $\pm$ 0.7	21.1 $\pm$ 0.7 A
Ημέρα 7	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	15.0 $\pm$ 0.8 Ab	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.6 $\pm$ 0.8 B	0.0 $\pm$ 0.0	84.4 $\pm$ 1.0 A	0.6 $\pm$ 0.6
<b>Μήνας 1</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	3.9 $\pm$ 0.7 A
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6	18.9 $\pm$ 1.1 A
Ημέρα 5	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 30.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6	24.4 $\pm$ 1.0 A
Ημέρα 7	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	19.4 $\pm$ 1.0 Aa	2.2 $\pm$ 0.8 A
Ημέρα 14	1.6 $\pm$ 0.8 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	83.3 $\pm$ 1.8 A	0.6 $\pm$ 0.6
<b>Μήνας 2</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	3.9 $\pm$ 0.8 A
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6	20.0 $\pm$ 1.6 A
Ημέρα 5	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	24.4 $\pm$ 1.0 A
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	18.3 $\pm$ 1.2 Aab	2.2 $\pm$ 0.8 A
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.6 $\pm$ 0.8 B	0.0 $\pm$ 0.0	84.5 $\pm$ 1.7 A	0.6 $\pm$ 0.6
<b>Μήνας 3</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	4.5 $\pm$ 1.0 A
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	20.5 $\pm$ 1.5 A
Ημέρα 5	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	23.9 $\pm$ 0.7 A
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	17.7 $\pm$ 0.8 Aab	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.0 $\pm$ 0.0	83.9 $\pm$ 1.8 A	1.6 $\pm$ 0.8

Για κάθε χρονικό διάστημα έκθεσης και διάστημα αποθήκευσης, μέσοι όροι (ξεχωριστά για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown) που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Ομοίως, για κάθε μεταχείριση και χρονικό διάστημα έκθεσης, μέσοι όροι (ξεχωριστά για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown) που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

10). Ενδεικτικά, το πρώτο μήνα τα ποσοστά knockdown ανήλθαν σε 3,9, 19,4, 21,1, 1,1 και 0,6% μετά από 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες έκθεσης, ενώ τα αντίστοιχα ποσοστά θνησιμότητας ήταν 0,0, 0,6, 1,1, 15,0 και 84,4% (Πίνακας 10).

#### 3.2.4 *Oryzaephilus surinamensis*

Η επίδραση όλων των μεταβλητών και των αλληλεπιδράσεων τους στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *O. surinamensis* παρουσιάζεται στον Πίνακα 9. Τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *O. surinamensis* που εκτέθηκαν στους μάρτυρες και στο Carifend μετά από τεσσάρων μηνών αποθήκευση παρουσιάζονται στον Πίνακα 11. Σε όλες τις βιοδοκιμές, δεν καταγράφηκε υψηλή θνησιμότητα στους μάρτυρες (Πίνακας 11). Όσον αφορά στην έκθεση στο Carifend, η θνησιμότητα ανήλθε σε υψηλά επίπεδα (>94%) τρεις ημέρες μετά την έκθεση, ανεξάρτητα από τον χρόνο αποθήκευσης των τρυβλίων (Πίνακας 11). Τα ποσοστά knockdown ήταν σε όλες τις βιοδοκιμές χαμηλά (23,9 – 33,9% μετά από 1 ημέρα έκθεσης), λόγω της υψηλής θνησιμότητας των ενηλίκων του *O. surinamensis* ακόμα και μετά από μία ημέρα έκθεσης (64,6 – 73,9%) (Πίνακας 11).

### 3.3 Αποτελέσματα τρίτης σειράς βιοδοκιμών

#### 3.3.1 *Sitophilus oryzae*

Στη τρίτη σειρά βιοδοκιμών, η επίδραση όλων των μεταβλητών και των αλληλεπιδράσεων τους στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *S. oryzae* παρουσιάζεται στον Πίνακα 12, ενώ τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown αμέσως μετά και 1, 3, 5 και 7 ημέρες την έκθεση παρουσιάζονται στους Πίνακες 13 και 14, αντίστοιχα. Σε γενικές γραμμές, τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown μετά τις σύντομες επανέκθεσες ήταν χαμηλά τόσο στους μάρτυρες, όσο και στο Carifend (Πίνακες 13 και 14). Ενδεικτικά, τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown λόγω της επανέκθεσης στο Carifend για 5, 15 και 30 λεπτά για 3 συνεχόμενες ημέρες δεν ξεπέρασαν σε όλες τις περιπτώσεις το 3,9 και 5%, αντίστοιχα (Πίνακας 14).



**Πίνακας 11.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Oryzaephilus surinamensis* που εκτέθηκαν για 1, 3, 5, 7 και 14 ημέρες σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend μετά από 0, 1, 2 και 3 μήνες αποθήκευσης των τρυβλίων (n = 9).

Έκθεση/ Διάστημα αποθήκευσης	Μάρτυρας (χωρίς δίχτυ)		Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο		Carifend	
	Θνησιμότη τα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<b>Μήνας 0</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	64.5 $\pm$ 1.0 Ab	33.9 $\pm$ 0.7 A a
Ημέρα 3	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	94.5 $\pm$ 0.6 Ab	3.9 $\pm$ 0.7 A
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	99.5 $\pm$ 0.6 A	0.6 $\pm$ 0.6
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 1</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	73.9 $\pm$ 1.1 Aa	23.9 $\pm$ 0.7 Ab
Ημέρα 3	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6 B	1.1 $\pm$ 0.7	98.9 $\pm$ 0.7 Aa	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.0 $\pm$ 0.0	98.9 $\pm$ 0.7 A	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 7	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.1 $\pm$ 0.7	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 2</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	73.9 $\pm$ 1.1 Aa	24.5 $\pm$ 1.0 Ab
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6 B	97.2 $\pm$ 0.9 Aab	2.8 $\pm$ 0.9 A
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6 B	1.1 $\pm$ 0.7	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 7	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.6 $\pm$ 0.8	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
<b>Μήνας 3</b>						
Ημέρα 1	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0 B	73.9 $\pm$ 1.3 Aa	24.5 $\pm$ 1.0 Ab
Ημέρα 3	0.0 $\pm$ 0.0 B	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	98.9 $\pm$ 0.7 Aa	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 5	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6 B	0.6 $\pm$ 0.6	99.5 $\pm$ 0.6 A	1.1 $\pm$ 0.7
Ημέρα 7	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7 B	0.6 $\pm$ 0.6	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0
Ημέρα 14	1.1 $\pm$ 0.7 B	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8 B	1.6 $\pm$ 0.8	100.0 $\pm$ 0.0 A	0.0 $\pm$ 0.0

Για κάθε χρονικό διάστημα έκθεσης και διάστημα αποθήκευσης, μέσοι όροι (ξεχωριστά για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown) που ακολουθούνται από το ίδιο κεφαλαίο γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Ομοίως, για κάθε μεταχείριση και χρονικό διάστημα έκθεσης, μέσοι όροι (ξεχωριστά για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown) που ακολουθούνται από το ίδιο μικρό γράμμα δεν διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους σύμφωνα με το Tukey HSD test στο επίπεδο σημαντικότητας  $\alpha = 0.05$ . Όπου δεν υπάρχουν γράμματα, δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές.

**Πίνακας 12.** Παράμετροι της πολλαπλής ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Repeated measures MANOVA) για τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown ενηλίκων των *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum* και *Oryzaephilus surinamensis*, που επανεκτέθηκαν για 5, 15 και 30 λεπτά για τρεις συνεχόμενες ημέρες (Διάστημα έκθεσης) σε πλαστικό τρυβλίο, σε δίκτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (Μεταχείριση) αμέσως μετά και 1, 3, 5 και 7 ημέρες (Χρόνος μετά την έκθεση) μετά την έκθεση (για όλα τα είδη error df = 72).

Πηγή παραλλακτικότητας	<i>S. oryzae</i>					<i>T. confusum</i>				<i>O. surinamensis</i>			
	Θνησιμότητα		Knockdown		df	Θνησιμότητα		Knockdown		Θνησιμότητα		Knockdown	
	F	P	F	P		F	P	F	P	F	P	F	P
Μεταξύ μεταβλητών	8	1.34	0.235	6.59	<0.001	1.35	0.231	1.82	0.086	0.86	0.549	3.07	0.004
Τιμή αποκοπής	1	65.08	<.0001	88.96	<0.001	29.09	<0.001	56.53	<0.00	37.38	<0.001	102.8	<0.001
Μεταχείριση	2	2.88	0.062	21.53	<0.001	1.65	0.198	2.28	0.109 <sup>1</sup>	0.26	0.764	11.33	<0.001
Διάστημα έκθεσης	2	1.66	0.195	1.83	0.166	3.18	0.047	2.65	0.077	3.03	0.054	0.69	0.501
Μεταχείριση x Διάστημα έκθεσης	4	0.41	0.795	1.49	0.212	0.29	0.883	1.17	0.327	0.07	0.989	0.14	0.965
Μέσα στις μεταβλητές	24	0.517*	0.970	1.01*	0.454	0.66*	0.879	1.26*	0.190	0.59*	0.933	0.75*	0.786
Χρόνος μετά την έκθεση	3	17.06	<0.001	4.00	0.010	9.88	<0.001	17.07	<0.00	12.23	<0.001	2.57	0.061
Χρόνος μετά την έκθεση x Μεταχείριση	6	0.49*	0.814	2.04*	0.064	0.81*	0.560	2.12*	0.053 <sup>1</sup>	0.28*	0.941	1.41*	0.212
Χρόνος μετά την έκθεση x Διάστημα έκθεσης	6	0.74*	0.617	1.19*	0.314	1.34*	0.242	1.61*	0.147	1.36*	0.234	0.38*	0.888
Χρόνος μετά την έκθεση x Μεταχείριση x Διάστημα έκθεσης	12	0.41*	0.957	0.47*	0.927	0.27*	0.992	0.71*	0.739	0.35*	0.976	0.60*	0.833

\* Wilks' Lamda approximate *F* value

**Πίνακας 13.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus oryzae*, *Tribolium confusum* και *Oryzaephilus surinamensis* αμέσως μετά από επανέκθεση για 5, 15 και 30 λεπτά για τρεις συνεχόμενες ημέρες σε πλαστικό τρυβλίο (Μάρτυρας χωρίς δίχτυ), σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (n=9).

Έκθεση / Μεταχείριση	<i>S.oryzae</i>		<i>T. confusum</i>		<i>O. surinamensis</i>	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<i>Μάρτυρας χωρίς δίχτυ</i>						
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
F	-	-	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	-
<i>Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο</i>						
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
F	-	-	-	-	-	-
P	-	-	-	-	-	-
<i>Carifend</i>						
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 1.2	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.6 $\pm$ 0.6	2.7 $\pm$ 0.9	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 1.2
F	0.99	0.77	-	0.99	-	1.84
P	0.382	0.470	-	0.382	-	0.179

Για κάθε είδος εντόμου και μεταχείριση (μάρτυρας χωρίς δίχτυ, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend), δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσω όρων θνησιμότητας ή knockdown για τις διαφορετικές εκθέσεις που αξιολογήθηκαν.

**Πίνακας 14.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Sitophilus oryzae* 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την επανέκθεση για 5, 15 και 30 λεπτά για τρεις συνεχόμενες ημέρες σε πλαστικό τρυβλίο (Μάρτυρας χωρίς δίχτυ), σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (n=9).

Έκθεση / Μεταχείριση	Ημέρα 1		Ημέρα 3		Ημέρα 5		Ημέρα 7	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<i>Μάρτυρας χωρίς δίχτυ</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	3.3 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 1.1	0.6 $\pm$ 0.6
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.8
F	-	-	1.09	1.09	0.99	1.33	0.07	0.60
P	-	-	0.352	0.352	-	0.282	0.931	0.556
<i>Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 0.9	1.6 $\pm$ 1.1	1.6 $\pm$ 0.8
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7
F	-	-	1.14	2.28	0.99	1.21	0.08	0.17
P	-	-	0.335	0.123	-	0.313	0.917	0.841
<i>Carifend</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7	2.8 $\pm$ 1.5	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 1.2	2.8 $\pm$ 1.2	2.8 $\pm$ 1.2
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7	5.0 $\pm$ 1.4	2.8 $\pm$ 1.2	2.2 $\pm$ 1.2	3.3 $\pm$ 1.4	2.8 $\pm$ 1.2
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.6 $\pm$ 0.6	4.4 $\pm$ 1.5	2.2 $\pm$ 1.2	5.0 $\pm$ 1.4	2.2 $\pm$ 0.9	4.4 $\pm$ 1.5	3.9 $\pm$ 1.3	5.0 $\pm$ 1.6
F	0.99	0.92	0.48	0.78	2.89	0.92	0.16	0.86
P	0.382	0.409	0.621	0.469	0.074	0.409	0.845	0.433

Για κάθε είδος εντόμου και μεταχείριση (μάρτυρας χωρίς δίχτυ, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend), δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσω όρων θνησιμότητας ή knockdown για τις διαφορετικές εκθέσεις που αξιολογήθηκαν.

### 3.3.2 *Tribolium confusum*

Η επίδραση όλων των μεταβλητών και των αλληλεπιδράσεων τους στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *T. confusum* παρουσιάζεται στον Πίνακα 12, ενώ τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown αμέσως μετά και 1, 3, 5 και 7 ημέρες την έκθεση παρουσιάζονται στους Πίνακες 13 και 15, αντίστοιχα. Όπως και στην περίπτωση του *O. oryzae*, τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *T. confusum* μετά τις σύντομες επανεκθέσεις ήταν χαμηλά τόσο στους μάρτυρες, όσο και στο Carifend και δεν ξεπέρασαν σε όλες τις περιπτώσεις το 2,2 και 1,6%, αντίστοιχα (Πίνακες 13 και 15).

### 3.3.3 *Oryzaephilus surinamensis*

Στη τρίτη σειρά βιοδοκιμών, η επίδραση όλων των μεταβλητών και των αλληλεπιδράσεων τους στα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown των ενηλίκων *O. surinamensis* παρουσιάζεται στον Πίνακα 12, ενώ τα ποσοστά θνησιμότητας και knockdown αμέσως μετά και 1, 3, 5 και 7 ημέρες την έκθεση παρουσιάζονται στους Πίνακες 13 και 16, αντίστοιχα. Συνοπτικά, δεν καταγράφηκαν σε όλες τις περιπτώσεις στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μαρτύρων και του Carifend (Πίνακες 13 και 16).

**Πίνακας 15.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Tribolium confusum* 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την επανέκθεση για 5, 15 και 30 λεπτά για τρεις συνεχόμενες ημέρες σε πλαστικό τρυβλίο (Μάρτυρας χωρίς δίχτυ), σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (n=9).

Έκθεση / Μεταχείριση	Ημέρα 1		Ημέρα 3		Ημέρα 5		Ημέρα 7	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<i>Μάρτυρας χωρίς δίχτυ</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	3.3 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 1.1	0.6 $\pm$ 0.6
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.8
F	-	-	1.09	1.09	1.14	1.33	0.08	0.66
P	-	-	0.352	0.352	0.335	0.282	0.917	0.556
<i>Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 0.9	0.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.8
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7
F	-	-	1.14	2.28	1.14	1.21	0.87	0.17
P	-	-	0.335	0.123	0.335	0.313	0.429	0.841
<i>Carifend</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.6 $\pm$ 0.6
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 0.8
F	-	0.99	-	2.28	0.50	2.28	0.94	0.94
P	-	0.382	-	0.123	0.612	0.123	0.404	0.404

Για κάθε είδος εντόμου και μεταχείριση (μάρτυρας χωρίς δίχτυ, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend), δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσω όρων θνησιμότητας ή knockdown για τις διαφορετικές εκθέσεις που αξιολογήθηκαν.

**Πίνακας 16.** Μέση θνησιμότητα και μέσο ποσοστό knockdown ( $\pm$  τυπικό σφάλμα) ενηλίκων *Oryzaephilus surinamensis* 1, 3, 5 και 7 ημέρες μετά την επανέκθεση για 5, 15 και 30 λεπτά για τρεις συνεχόμενες ημέρες σε πλαστικό τρυβλίο (Μάρτυρας χωρίς δίχτυ), σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο και στο Carifend (n=9).

Έκθεση / Μεταχείριση	Ημέρα 1		Ημέρα 3		Ημέρα 5		Ημέρα 7	
	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)	Θνησιμότητα (%)	Ποσοστό Knockdown (%)
<i>Μάρτυρας χωρίς δίχτυ</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	3.3 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.6 $\pm$ 1.1	0.6 $\pm$ 0.6
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.8
F	-	-	1.09	1.09	1.14	1.33	0.08	0.60
P	-	-	0.352	0.352	0.335	0.282	0.917	0.556
<i>Δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 0.8	0.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.8
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	0.6 $\pm$ 0.6	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7
F	-	-	1.14	2.28	1.14	1.21	0.87	0.17
P	-	-	0.335	0.123	0.335	0.313	0.429	0.841
<i>Carifend</i>								
5 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 1.4	1.1 $\pm$ 0.7	2.8 $\pm$ 1.9	0.0 $\pm$ 0.0	1.1 $\pm$ 0.7	1.1 $\pm$ 0.7	3.3 $\pm$ 1.1
15 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	2.7 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7	1.6 $\pm$ 0.8	1.1 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 1.2	2.2 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 0.8
30 λεπτά x 3 ημέρες	0.0 $\pm$ 0.0	2.2 $\pm$ 1.2	1.1 $\pm$ 0.7	2.2 $\pm$ 1.2	2.2 $\pm$ 1.2	2.2 $\pm$ 1.2	1.6 $\pm$ 1.1	1.6 $\pm$ 0.8
F	-	0.06	0.0	0.16	1.84	0.35	0.27	1.0
P	-	0.941	0.99	0.851	0.179	0.704	0.763	0.382

Για κάθε είδος εντόμου και μεταχείριση (μάρτυρας χωρίς δίχτυ, σε δίχτυ χωρίς εντομοκτόνο, Carifend), δεν παρατηρήθηκαν στατιστικώς σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσω όρων θνησιμότητας ή knockdown για τις διαφορετικές εκθέσεις που αξιολογήθηκαν.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Πέρα από την εφαρμογή υπολειμματικών και καπνιστικών εντομοκτόνων, τελευταία κερδίζει έδαφος για την προστασία των αποθηκευμένων γεωγικών προϊόντων η χρήση εμποτισμένων με εντομοκτόνο διχτυών (insecticide-impregnated nets), διχτυών δηλαδή που σκεπάζουν και προστατεύουν τα προϊόντα κατά την αποθήκευσή τους. Η αρχική εφαρμογή των εμποτισμένων με εντομοκτόνο διχτυών ήταν για την καταπολέμηση των κουνουπιών και άλλων διπτέρων-φορέων ασθενειών και παρασίτων, με στόχο τον περιορισμό της μετάδοσης μολυσματικών ασθενειών του ανθρώπου (Bermejo and Veeken, 1992; Bray and Hamilton, 2013; Wanjala et al., 2015). Ενδεικτικά, σε εργαστηριακές δοκιμές επετεύχθηκε ο έλεγχος του φλεβοτόμου *Lutzomyia longipalpis* (Lutz and Neiva) (Diptera: Psychodidae), φορέα του παρασίτου *Leishmania* με τη χρήση διχτυού εμποτισμένου με 2% permethrin (Bray and Hamilton, 2013). Επιπρόσθετα, η χρήση εμποτισμένων με εντομοκτόνο κουνουπιέρων έδωσε θετικά αποτελέσματα για τον έλεγχο διάφορων ασθενειών που μεταδίδονται με τα κουνούπια (Wanjala et al., 2015). Σήμερα όμως, υπάρχει έντονο ενδιαφέρον και για την αξιολόγηση αυτών των διχτυών ως μέσο προστασίας αποθηκευμένων προϊόντων.

Το Carifend είναι ένα δίχτυ εμποτισμένο με την εντομοκτόνο δραστική ουσία alpha-cypermethrin, το οποίο χρησιμοποιείται ήδη για την προστασία αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων μεγάλης οικονομικής αξίας, όπως ο καπνός. Έχει αποδειχθεί ήδη η αποτελεσματικότητα του Carifend εναντίον των δύο σημαντικότερων εντομολογικών εχθρών του καπνού, του *L. serricorne* και της *E. elutella* (Msango and Longwe, 2013; Rumbos et al., 2018). Οι Rumbos et al. (2018) μελέτησαν πρόσφατα και στη χώρα μας την αποτελεσματικότητα του Carifend εναντίον των *L. serricorne* και *E. elutella* σε βιοδοκιμές εργαστηρίου και πεδίου και κατέληξαν στο ότι το Carifend μπορεί να προσφέρει ένα ικανοποιητικό επίπεδο προστασίας του αποθηκευμένου καπνού εναντίον των δύο αυτών εντόμων αποθηκών.



Στο πλαίσιο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας μελετήθηκε η αποτελεσματικότητα του Carifend εναντίον σημαντικών εντόμων αποθηκών, που προσβάλλουν διαφορετικά αποθηκευμένα προϊόντα πέρα από τον καπνό, όπως δημητριακά και ψυχανθή. Συνολικά, αξιολογήθηκε η επίδραση του Carifend εναντίον έξι ειδών εντόμων αποθηκευμένων προϊόντων, δηλαδή των *S. granarius*, *S. oryzae*, *T. confusum*, *R. dominica*, *O. surinamensis* και *P. truncatus*. Με βάση τα αποτελέσματα της πρώτης σειράς βιοδοκιμών στην οποία αξιολογήθηκε η επίδραση σύντομων εκθέσεων (2, 8 και 24 ώρες) στο Carifend, το εν λόγω δίκτυο ήταν πολύ αποτελεσματικό εναντίον των *S. granarius*, *P. truncatus* και *R. dominica*, ακόμα και μετά από σύντομες εκθέσεις (π.χ. έκθεση 2 ωρών). Ενδεικτικά, παρ' όλο που η θνησιμότητα και των τριών ειδών εντόμων που εξετάστηκαν ήταν μηδενική αμέσως μετά τις εκθέσεις, καταγράφηκε σημαντική καθυστερημένη επίδραση (delayed mortality), καθώς το ποσοστό των νεκρών ατόμων ήταν υψηλό 5 και 7 ημέρες μετά τον τερματισμό της έκθεσης. Σημαντικό επίσης στοιχείο για την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων ήταν και το υψηλό ποσοστό knockdown μία μέρα μετά την έκθεση που καταγράφηκε και για τα τρία έντομα που εξετάστηκαν. Το γεγονός ότι η έκθεση στο Carifend κατέστησε τα έντομα ημιθανή, είχε σαν αποτέλεσμα τον τερματισμό της τροφικής τους δραστηριότητας και άρα τον περιορισμό της προσβολής και υποβάθμισης του προϊόντος. Επιπλέον, όντας ημιθανή τα έντομα δεν είχαν τη δυνατότητα για αναπαραγωγή, γεγονός που είναι πολύ πιθανό να έχει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό των απογόνων (παρ' όλο που η επίδραση του Carifend στους απογόνους δεν αξιολογήθηκε στο πλαίσιο των πειραμάτων αυτής της πτυχιακής διατριβής).

Η ισχυρή αποτελεσματικότητα του Carifend, και μάλιστα σε βάθος χρόνου, και καταδείχθηκε από τα αποτελέσματα της δεύτερης σειράς βιοδοκιμών. Το δίκτυο παρείχε ισχυρή προστασία ακόμα και τρεις μήνες μετά την έναρξη της βιοδοκιμής και εναντίον των τεσσάρων ειδών εντόμων που εξετάστηκαν. Ειδικά στην περίπτωση των *S. oryzae*, *P. truncatus* και *O. surinamensis* η θνησιμότητα των εντόμων ήταν πλήρης μετά από 14 ημέρες έκθεσης ακόμα και τρεις μήνες μετά την έναρξη της βιοδοκιμής. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται να επιβεβαιώσουν τη διάρκεια της της

αποτελεσματικότητας του συγκεκριμένου προστατευτικού διχτυού, η οποία σύμφωνα με τους κατασκευαστές αγγίζει τα 2 χρόνια. Αντίθετα με τα τρία προηγούμενα είδη εντόμων, τα αποτελέσματα της δεύτερης βιοδοκιμής έδειξαν ότι το είδος *T. confusum* ήταν το λιγότερο ευαίσθητο στην έκθεση στο Carifend καθώς η θνησιμότητα δεν ήταν σε καμία περίπτωση πλήρης και δεν ξεπέρασε το 85%. Πολύ λίγα παρόμοια πειράματα με το Carifend έχουν διεξαχθεί με έντομα αποθηκών. Σε μια πρόσφατη μελέτη (Παλιούκας, 2017), υπήρξε μεγάλη παραλλακτικότητα όσον αφορά στην ευπάθεια στο Carifend μεταξύ των εννέα ειδών εντόμων που αξιολογήθηκαν. Συγκεκριμένα, στην συγκεκριμένη μελέτη τα υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας μετά από συνεχή έκθεση στο Carifend καταγράφηκαν για τα είδη *O. surinamensis* και *P. truncatus*, για τα οποία ο έλεγχος ήταν πλήρης (100%) μετά από έκθεση 5 ημερών. Αντίθετα, το είδος *S. zeamais* ήταν το πιο ανθεκτικό από όλα τα είδη εντόμων που εξετάστηκαν, καθώς το ποσοστό θνησιμότητας δεν ξεπέρασε το 46% ακόμα και μετά από 14 ημέρες έκθεσης. Αντίστοιχη παραλλακτικότητα σε εντομοκτόνες ουσίες από διαφορετικά είδη εντόμων έχει καταγραφεί και σε άλλες μελέτες με διάφορες δραστικές ουσίες (π.χ. pirimiphos-methyl) (Rumbos et al. 2013).

Αντίθετα όμως με την αποτελεσματικότητα των εκθέσεων στο Carifend στην πρώτη και δεύτερη σειρά βιοδοκιμών, τα αποτελέσματα της τρίτης σειράς βιοδοκιμών έδειξαν ότι η πολύ σύντομες εκθέσεις (5, 15 και 30 λεπτά) δεν είναι αποτελεσματικές εναντίον των ειδών *S. oryzae*, *O. surinamensis* και *T. confusum*, ακόμα και όταν επαναλαμβάνονταν για τρεις ημέρες συνεχόμενα. Τόσος σύντομες εκθέσεις δεν είχαν ούτε άμεση αλλά ούτε και καθυστερημένη επίδραση στα έντομα, τα οποία παράμεναν ζωντανά και δραστήρια τόσο αμέσως μετά όσο και 7 ημέρες μετά το πέρας της έκθεσης.

Συνοψίζοντας, με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας πτυχιακής διατριβής προκύπτει ότι το προστατευτικό δίχτυ Carifend είναι σε θέση να παρέχει ισχυρή προστασία εναντίον των ειδών εντόμων αποθηκών που εξετάστηκαν. Με εξαίρεση τις σύντομες εκθέσεις, η αποτελεσματικότητα του διχτυού ήταν μεγάλη και ο έλεγχος των εντόμων σε πολλές περιπτώσεις ήταν πλήρης. Συμπερασματικά, το Carifend μπορεί να αποτελέσει ένα πολύτιμο εργαλείο για την προστασία των αποθηκευμένων προϊόντων, περαιτέρω

έρευνα όμως είναι απαραίτητα προκειμένου να προσδιοριστούν επακριβώς οι παράμετροι εκείνες οι οποίες επηρεάζουν την αποτελεσματικότητα του.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική

- Γιαννοπολίτης Κ. (2005) Οδηγός γεωργικών φαρμάκων, σελ. 195-326.
- Ζιώγας Β., Μακρόγλου Α. (2010) Γεωργική Φαρμακολογία, Βιοχημεία, Φυσιολογία, Μηχανισμοί δράσης και χρήσεις των Φυτοπροστατευτικών Προϊόντων. 2<sup>η</sup> Έκδοση.
- Μπουχέλος Κ. (1996) Έντομα αποθηκευμένων γεωργικών προϊόντων και τροφίμων. Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Μπουχέλος Κ., Αθανασίου Χ. (1996) Τροπικά κολεόπτερα έντομα : ο Κίνδυνος εισόδου και εγκατάσταση τους στην Ελλάδα. Γεωργία-κτηνοτροφία 8: 62-64.
- Παλιούκας Γ. (2017) Αξιολόγηση του Carifend στα κυριότερα έντομα αποθηκών. Πτυχιακή διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, σελ. 114.
- Σταμόπουλος Δ. (1999) Έντομα αποθηκών, μεγάλων καλλιεργειών και λαχανικών. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Σταμόπουλος Δ. (2013) Εχθροί αποθηκευμένων προϊόντων, μουσείων και κατοικιών. Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας, Βόλος.

### Αγγλική

- Agrafioti P., Athanassiou C.G., Vasilakos T.N., Vlontzos G., Arthur F.H., (2015) Using a lethality index to assess susceptibility of *Tribolium confusum* and *Oryzaephilus surinamensis* to insecticides PLOS One 10: e0142044.
- Aliniaze M.T. (1972) Susceptibility of the confused and red flour beetles to anoxia, produced by helium and nitrogen at various temperatures. Journal of Economic Entomology 65: 60-64.
- Annis P.C., Dowsett H.A. (1993) Low oxygen disinfestations of grain: Exposure periods needed for high mortality. In: Proc. Int. Conf. on Controlled Atmosphere and Fumigation in Grain Storages. Navarro S., Donahaye E. (Eds.) Caspit Press Ltd., Jerusalem, pp. 71-83.

- Athanassiou C., Arthur F., Throne J. (2009) Efficacy of grain protectants against four psocid species on maize, rice and wheat. *Pest Management Science* 65: 1140-1146.
- Balachowski A. (1972) *Entomologie appliqué a l' agriculture*. Masson et Cie (eds), Paris, Tome I: Coleopteres.
- Banks H.J., Annis P.C. (1990) Comparative advantages of high CO<sub>2</sub> and low O<sub>2</sub> types of controlled atmospheres for grain storage. In: *Food Preservation by Modified Atmospheres*. M.Calderon and R. Barkai-Golan, CRC Press, Boca Raton, FL. pp. 93-122.
- Beckett S.J., Fields P.G., Subramanyam B. (2007) Disinfestation of stored products and associated structures using heat. In: Tang J., Micham E., Wang S., Lurie S. (eds) *Heat treatments for postharvest control: theory and practice*. CAB International, pp. 182-237.
- Begum K., Reddy.P.V., Leelaja B.C., Rajashekar Y. (2007). Studies on insect infestation in chocolates. *Journal of Stored Product Research* 43: 118-122.
- Bermejo A., Veeken H. (1992) Insecticide- impregnated bed nets for malaria control: a review of the field trials. *Bulletin of the Health Organization*, 70: 293- 296
- Birch L.C. (1944) Two strains of *Calandra oryzae* L. (Coleoptera). *Australian Journal of Experimental Biology and Medical Science* 22: 271-275.
- Bray P., Hamilton J. (2013) Insecticide- impregnated netting as a potential tool for long- lasting control of the leishmaniasis vector *Lutzomyia longipalpis* in animal shelters. *Parasites & Vector* 6:133
- Burrell N.J. (1967) Grain cooling studies-II: Effect of aeration on infested grain bulks. *Journal of Stored Product Research* 3: 145-154.
- Calderon M., Barkai-Golan R., (1990) *Food Preservation by Modified Atmospheres*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Carlson S.D., Bali H.J. (1962) Mode of action and insecticidal value of a diatomaceous earth as a grain protectant. *J. Econ. Entomol.* 109: 209-213.
- Chapman R.N. (1919) Insect in relation to wheat flour and wheat flour substitutes. *Journal of Economic Entomology* 12: 66-70.

- Chuman T., Mochizuki K., Mori M., Kohno M., Kato K., Noguchi M. (1985) *Lasioderma* chemistry, sex pheromone of cigarette beetle (*Lasioderma serricorne* F.). Journal of Chemical Ecology 11: 417-434.
- Daglish G.J., Nayak , M.K., 2006. Long-term persistence and efficacy of spinosad against *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera:Bostrichidae) in wheat. Pest Management Science 62: 148-152.
- Decoursey J.D. (1931) A method of trapping the confused flour beetle *Tribolium confusum* Duval. Journal of Economic Entomology 24: 1079-1081.
- Dobie P., Haines C.P., Hodges R.J., Prevett P.F., Rees D.P. (1984) Insects and arachnids of tropical stored products: their biology and identification. A training manual. Natural Resources Institute, Chatham, UK.
- Donohoe H.C., Simmons P., Barnes D.F., Kaloostian G.H., Heinrich C.. (1949) Biology of the Raisin Moth. Technical Bulletin No. 994. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- Evans D.E. (1987) Stored Products. In: Burn AJ, Coaker TH, Jepson PC, eds. Integrated Pest Management. London: Academic Press.
- FAO (2006) Guidelines on monitoring and observance of the code of conduct. Rome [Available at: <http://www.fao.org/agriculture/crops/corethemes/theme/pests/pm/code/frame/monitor/en/>; accessed January 2010.
- Fields P.G. 1992. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. Journal of Stored Product Research 28: 89-118.
- Fields P.G., Muir W.E. (1996). Physical Control. In: Integrated Management of Insects in Stored Products, Subramanyam, B. and D.W. Hagstrum (Eds.). Marcel Dekker Inc., New York, pp: 195-221.
- Fleming I.A., Gross M.R. 1990. Latitudinal clines: a trade-off between egg number and size in pacific salmon. Ecology 71: 1-11.
- Fletcher T.B., Ghosh C.C. (1919) Stored grain pests.
- Goto M., Kishino H., Imamura M., Hirose Y., Soma Y. (1996) Responses of the pupae of *Sitophilus granarius* L., *Sitophilus zeamais* and *Sitophilus*

- oryzae* L., to phosphine and mixtures of phosphine and carbon dioxide. Research Bulletin Plant Protection Japan 32: 63-67.
- Hinton H.E. (1945) A monograph of the beetles associated with stored products. British Museum (Natural History), London.
- Hodges R.J. (1982) A review of the biology and control of the greater grain borer *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae) in East Africa. Prot. Ecol. 5, 183-194.
- Hodges R.J. (1994) Recent advances in the biology and control of *Prostephanus truncatus*. In: Highley, E., Wright, E. J , Banks, H. J and Champ, B. R., eds., Proceedings of the Sixth International Working Conference on Stored Products Protection. Canberra, Australia, 17-23 April, 1994. Volume 2, 929 - 934.
- Hodges R. J., Meik J. and Denton H. (1985) Infestation of dried cassava (Munihot esculenta Crantz) by *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae). J. stored Prod. Res. 21, 73-77.
- Howe R.W. (1950) The development of *Rhyzopertha dominica* (Col. Bostrichidae) under constant conditions. Entomologist's Mon. Mag. 86, 1-5.
- Howe R.W. (1973) The susceptibility of the immature and adult stages of *Sitophilus granarius* to phosphine. Journal of Stored Product Research 8: 241-262.
- Hughes A. (1976) The mites of stored food and houses. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Techn. Bull.9. London.
- Jay E.G., Arbocast R.T., Pearman C.G.. (1971) Relative Humidity: Its importance in the control of stored- product insects with modified atmospheric gas concentrations. Journal of Stored Product Research 7: 325-329.
- Kishino H., Goto M., Imamura M., Soma Y. (1996) Responses of stored grain insects to carbon dioxide. 2 Effects of temperature and exposure period on the toxicity of carbon dioxide to *Sitophilus granarius*, *Lasioderma serricorne*, *Plodia interpunctella*, *Ephestia cautella* and *Ephestia kuehniella*. Research Bulletin of the Plant Protection Service, Japan, 32: 57-61.

- Lapesme P. (1944) Les Coleopteres des denrees alimentaires et des produits industriels. P. Lechevalier (ed). Paris
- Leahey J.P. (1985) The Pyrethroid Insecticides, Taylor and Francis, Philadelphia, pp. 263-342.
- Lefroy H.M. (1906) Pests of stored grains and their management.
- Levinson H., Levinson A. (1994) Origin of grain storage and insects species consuming desiccated food. Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz 67: 47–60.
- Lindgren D.L., Sinclair W.B., Vincent L.E. (1968) Residues in raw and processed foods resulting from post-harvest insecticidal treatments. Residue Rev. 21: 1-128.
- Mahroof R.M., Phillips T.W. (2014) Mating disruption of *Lasioderma serricorne*(Coleoptera:Anobiidae) in stored product habitats using the synthetic pheromone serricornin. Journal of Applied Entomology 138: 378-386.
- Mallis A. (1982) Handbook of pest control. Frazak and Foster Co, Cleveland, Ohio, Sixth Ed.
- Markham R.H., Wright V.F., Ríos Ibarra R.M. (1991) A selective review of research on *Prostephanus truncatus* (Col.: Bostrichidae) with an annotated and updated bibliography. Ceiba 32: 1-90.
- Mason L.J. 2003. Grain Insect Fact Sheet E-277-W.
- Msango K.R., Longwe L.L. (2013) Efficacy of long-lasting insecticidal net (LLIN) in controlling tobacco beetle (*Lasioderma serricorne*) in Malawi. Tobacco Science 50: 31–33.
- Munro J. (1966) Pest of stored products. Hutchinson and Co, London.
- Nayak M.K., Daglish G.J. (2017) Base-line susceptibility of field populations of *Rhyzopertha dominica* (F.) to spinosad in Australia. Journal of Stored Products Research 70.
- Navarro S. (1978) The effects of low oxygen tensions on three stored-product pests. Phytoparasitica 6: 51–58.
- Redlinger L., Zettler J., Davis R., Simonaitis A. (1988) Evaluation of pirimiphos-methyl as a protectant for export grain. Journal. Economic. Entomology. 81: 718-721.



- Rumbos C., Dutton A., Athanassiou C.G. (2013) Comparison of two pirimiphos-methyl formulations against major stored-product insect species *Journal of Stored Products Research* 55: 106-115.
- Rumbos C.I., Sakka M., Schaffert S., Sterz T., Austin J.W., Bozoglou C., Klitsinaris P., Athanassiou C.G. (2018) Evaluation of Carifend®, an alpha-cypermethrin-coated polyester net, for the control of *Lasioderma serricorne* and *Ephestia elutella* in stored tobacco. *Journal of Pest Science* 91: 751–759.
- Ryan L. (1999) Post-harvest tobacco infestation control. Springer-Science and Business Media Dordrecht, p. 156.
- Solomon M.E. (1946) Tyroglyphid mites in stored products. *Ecological studies. Ann Appl Biol* 33: 280-289.
- Suresh S., White N.D.G., Jayas D.S., Hulasare R.B. (2001) Mortality resulting from interactions between the red flour beetle and the rusty grain beetle. *Proceedings of the Entomological Society of Manitoba* 57: 11-18.
- Thind B.B., Edwards J.P. (1986) Laboratory evaluation of the juvenile hormone analogue fenoxycarb against some insecticide susceptible and resistant stored product beetles. *Journal of Stored Products Research* 22: 235-241.
- Trematerra P., Suss L. (2006) Insect pest management of Italian pasta factories, pp. 747-753. In: *Proceedings 9th international working conference on stored product protection*, October 15-18, Campinas, São Paulo, Brazil.
- Tunc I. (1983) Mortality of *Tribolium confusum* du Val (Col. Tenebrionidae) adults in various atmospheric gas compositions. *Zeitschrift fur Angewandte Entomologie* 95: 263–267.
- Vincent C., Hallman G., Panneton B., Fleurat-Lessard F. (2003) Management of agricultural insects with physical control methods. *Annual Review of Entomology* 48: 261-281.
- Wanjala C.L., Zhou G., Mbugi J., Simbauni J., Afrane Y.A., Ototo E., Gesuge M., Atieli H., Githeko A.K., Yan G. (2015) Insecticidal decay effects of long-lasting insecticide nets and indoor residual spraying on *Anopheles*

*gambias* and *Anopheles arabiensis* in Western Kenya. *Parasite & Vector* 8:588.

Weller G.L., Morton R. (2001) Fumigation with carbonyl sulfide: A model for the interaction of concentration, time and temperature. *Journal of Stored Product Research* 37: 383-398.

White N.D.G., Jaya D.S., Demianyk C.J. (1997) Movement of grain to control stored-product insects and mites. *Phytoprotection* 78: 75-84.

World Health Organization (WHO) 1988. Environmental health criteria 73: phosphine and selected metal phosphides. WHO, Geneva.